

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Estudio de la Germinación y la Latencia de Semilla de Híbridos Apomíticos  
de Zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L.) del Grupo Elite II

Por:

**BRISEIDA CHÁVEZ ISIDRO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Estudio de la Germinación y la Latencia de Semilla de Híbridos Apomícticos  
de Zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L.) del Grupo Elite II

Por:

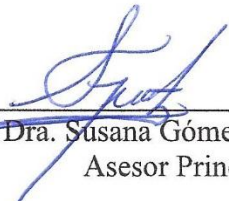
**BRISEIDA CHÁVEZ ISIDRO**


TESIS

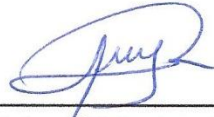
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

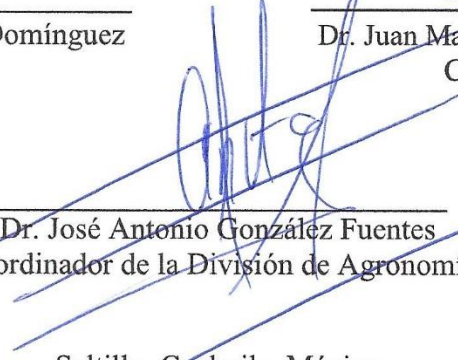
**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Susana Gómez Martínez  
Asesor Principal

  
Dr. Jorge Raúl González Domínguez  
Coasesor

  
Dr. Juan Manuel Martínez Reyna  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre de 2019



## DEDICATORIA

A **Dios** por darme la vida, fe y optimismo a lo largo de mis estudios. Por brindarme alegrías e iluminarme en cada momento y darme fortaleza ante las adversidades para seguir adelante, haciendo posible la realización de mis metas.

A mis padres **Miguel Chávez González** y **Martina Isidro Manzano** por ser pilares importantes en mi vida, por creer en mí, brindarme su apoyo incondicional, por enseñarme desde pequeña el valor del estudio, por su energía y confianza que me brindaron durante la carrera .

Por ese gran amor con que se entregan a sus hijos, por siempre gracias.

A mis hermanos: **Heriberto, Judith, Flor y Edén** con mucho amor, por compartir momentos de alegría y de tristeza, así como su apoyo moral y cariño a lo largo de mi existencia.

A mis sobrinos: **Alison, Brianna, Isidro, Itzayana y Sofía** por ser las personas que me motivan y dan alegría a mi vida.

A todos mis compañeros de la Generación CXXVII de la carrera de Agrobiología y especialmente a mis amigos: Elizabeth, Jonny, Xóchitl, Reséndiz, Camilo, Cristian, Génesis, Kelly, Isabel, Lizbeth, Norma, por los momentos en que convivimos juntos y que siempre recordaré.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Dra. Susana Gómez Martínez**, con admiración, por su apoyo, dedicación y por transmitirme sus conocimientos y sugerencias a lo largo de esta investigación, por su amistad. Gracias.

**Al Dr. Jorge R. González Domínguez** por su contribución de conocimientos, aportaciones y sugerencias al trabajo de investigación.

**Al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna** por haber colaborado en la finalización de esta investigación.

**Al trabajador del Campo Experimental de Zaragoza, Coahuila**, por su disponibilidad en los trabajos de campo. Al Sr. Hipólito Medrano Coronado por su apoyo en los trabajos de invernadero.

A mi **Alma Mater** por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos y hacer de mí una profesionalista, por el apoyo recibido durante mis estudios de licenciatura, por todas las grandes experiencias que me permitió vivir en ella.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICE .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis .....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
Origen y Distribución del Zacate Buffel.....	5
Introducción del Zacate Buffel a México .....	6
Importancia del Zacate Buffel.....	7
Clasificación Taxonómica .....	9
Condiciones Ecológicas del Zacate Buffel .....	10
Valor Nutritivo.....	13
Producción de Semilla .....	14
Descripción Morfológica del Zacate Buffel.....	15
Inflorescencia.....	15
Semilla .....	16
Fruto.....	16
Apomixis.....	17
Reproducción del Zacate Buffel .....	17
Calidad de la Semilla .....	18
Semilla Pura Viva .....	18
Pureza.....	19
Germinación.....	20
Proceso de la Germinación .....	20
Pruebas de Germinación .....	21

Vigor de la Semilla .....	22
Latencia.....	23
Causas de Latencia en Semillas .....	24
Período de Latencia.....	24
Capacidad Germinativa del Zacate Buffel .....	24
Tipos de Latencia.....	25
Latencia en Especies Forrajeras.....	27
Métodos de Rompimiento de Latencia .....	28
Método Químico .....	28
Método Físico .....	29
Método Mecánico .....	29
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
Sitio Experimental .....	31
Material Genético.....	31
Metodología .....	32
Experimento de Laboratorio .....	32
Preparación de la Semilla.....	33
Siembra en Germinadora .....	33
Variables Registradas.....	34
Porcentaje de Germinación .....	34
Vigor .....	35
Índice de Velocidad de Germinación (IVG) .....	35
Experimento en Invernadero.....	36
Variables Registradas.....	36
Porcentaje de Emergencia.....	36
Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) .....	37
Altura de Plántula .....	37
Peso Seco de Plántula .....	37
Diseño Experimental.....	38
Análisis Estadístico.....	39
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
Porcentaje de Germinación .....	40
Índice de Velocidad de Germinación.....	45

Semillas Muertas.....	49
Semillas Sin Germinar .....	51
Porcentaje de Emergencia.....	53
Índice de Velocidad de Emergencia.....	56
Altura de Planta.....	60
Peso Seco .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>63</b>
<b>APÉNDICE</b> .....	<b>72</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
1	Determinación de la latencia de siete genotipos de zacate buffel en condiciones de laboratorio e invernadero. Saltillo, Coah. 2018.....	39
2	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas normales de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.....	40
3	Comparación de medias del porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	41
4	Análisis de varianza del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel en dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	45
5	Comparación de medias del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	46
6	Análisis de varianza de semillas muertas de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	49
7	Comparación de medias del porcentaje de semillas muertas de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	50
8	Análisis de varianza de semillas sin germinar de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	51



<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
9	Comparación de medias del porcentaje de semillas sin germinar de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	52
10	Análisis de varianza del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	53
11	Comparación de medias del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	54
12	Análisis de varianza del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.....	57
13	Comparación de medias del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	58
14	Cuadrados de medio de altura de planta y peso seco de seis genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	60
15	Medias de altura de planta y peso seco de seis genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.....	61

## ÍNDICE DE APÉNDICE

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
A 1	Cuadro de doble entrada del porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	73
A 2	Cuadro de doble entrada del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	73
A 3	Cuadro de doble entrada de semilla sin germinar de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	74
A 4	Cuadro de doble entrada de semilla muerta de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	74
A 5	Cuadro de doble entrada del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	75
A 6	Cuadro de doble entrada del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	75
A 7	Cuadro de doble entrada de altura de planta (cm) de seis genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	76
A 8	Cuadro de doble entrada de peso seco (mg) de seis genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018 .....	76

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
A 9	Comportamiento del porcentaje de germinación de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.....	77
A 10	Comportamiento del porcentaje de germinación de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.....	77
A 11	Comportamiento del índice de velocidad de germinación de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla .....	78
A 12	Comportamiento del índice de velocidad de germinación de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel .....	78
A 13	Comportamiento de semillas muertas de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla .....	79
A 14	Comportamiento de semillas muertas de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel .....	79
A 15	Comportamiento del porcentaje de emergencia de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.....	80
A 16	Comportamiento del porcentaje de emergencia de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel .....	80
A 17	Comportamiento del índice de velocidad de emergencia de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla .....	81
A 18	Comportamiento del índice de velocidad de emergencia de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura No.</i>		<i>Página</i>
1	Etapas de germinación que conducen a la emergencia de la radícula, modificado por Vázquez, 1997.....	21
2	Porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel en dos niveles de la condición de la semilla .....	44
3	Índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel con semillas con dos niveles de condición de la semilla.....	48
4	Porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de la condición de la semilla .....	56
5	Índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de la condición de la semilla .....	60

## INTRODUCCIÓN

El uso excesivo e indiscriminado de los pastizales nativos, la escasa precipitación y el mal manejo de los mismos, han ocasionado un fuerte deterioro en la condición de los agostaderos, que actualmente se encuentran muy por debajo de su potencial de producción. Lo anterior ha llevado a la implementación de programas oficiales de resiembras artificiales de pastos, como el Programa de Reconversión de Sorgo que consistió en el establecimiento de 240,000 ha de zacate buffel en el estado de Tamaulipas y Nuevo León (González, 2002). En Argentina, el establecimiento de praderas de zacate buffel y zacate guinea fue una de las estrategias que se implementaron para incrementar la productividad de los pastizales. El establecimiento de estas especies se presenta como un complemento y soporte para recuperar los pastizales nativos, no como sustitución de los mismos (Agüero, 2017). El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una gramínea perenne, originaria de Sudáfrica, fue introducido a México en el año de 1954, primero al estado de Nuevo León y posteriormente en otros estados dispersándose en gran parte de nuestro territorio. Es considerada una especie de alto valor forrajero, para las zonas áridas y semiáridas del norte de México. Se usa principalmente para la alimentación de ganado debido a su palatabilidad y valor nutritivo, por lo que constituye un recurso forrajero de excelencia. Se ha comprobado que el zacate buffel duplica o triplica la producción de forraje con respecto a los pastizales nativos (Ayerza, 1981). El zacate buffel generalmente se propaga por semilla, por lo que existe una gran demanda por este insumo, mismo que

va aumentando debido a una mayor concientización sobre la importancia y valor de los programas de rehabilitación de praderas (Beltrán *et al.*, 2017).

Para el éxito en el establecimiento de praderas de zacate buffel es importante el uso de semillas de alta calidad. Sin embargo, la semilla recién cosechada de esta especie presenta una marcada latencia, que es un estado en el cual una semilla viable no germina, aun cuando se encuentre en condiciones normalmente favorables para la germinación, esto es, bajo temperatura, humedad y oxígeno adecuados. La latencia es uno de los principales mecanismos que poseen los pastos, que les garantiza la supervivencia en la naturaleza, ya que se asegura que las semillas permanezcan inactivas bajo condiciones climáticas adversas y no germinan hasta la siguiente estación de crecimiento, donde se asegura su supervivencia en tiempo y espacio (Koorneef *et al.*, 2002). Sin embargo, en el establecimiento de una pradera, la siembra de semilla con latencia trae como consecuencia una emergencia irregular y heterogénea. La latencia en la semilla de zacate buffel se debe a inhibidores químicos asociados con la misma que se encuentran en barbas, glumas, lemas y paleas que rodean al cariósido, lo que contribuye a que la calidad de la semilla sea sumamente variable. Factores genéticos, físicos, sanitarios y fisiológicos determinan la calidad de una semilla. La calidad fisiológica es la capacidad de la semilla para desempeñar funciones útiles, puede ser evaluada mediante la germinación, la viabilidad, el vigor y la longevidad. Sin embargo, la germinación puede ser afectada por la latencia, esta se manifiesta en semilla recién cosechada. Por lo que no se recomienda utilizar semillas de zacate buffel con menos de seis meses de cosechada (Romero, 1981). Otros autores recomiendan un período de 9 a 12 meses después de cosechada la semilla, para completar su período de maduración (Kelk y Donaldson, 1983).

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ha generado híbridos apomícticos de zacate buffel, que pueden sustituir a la variedad Común, por su tolerancia a *Pyricularia grisea*, mayor producción forrajera y mayor tolerancia a heladas, lo que les permitiría adaptarse más hacia el norte, donde buffel Común no prospera, para que contribuyan a eficientar los sistemas de producción ganadera en las zonas áridas. Debido a que tanto las resiembras en el agostadero, como el establecimiento de lotes de producción de semilla se realiza con semilla comercial (involucros) y cariósides y que la latencia de la semilla de zacate buffel es un problema, es importante conocer la naturaleza de la latencia de estos nuevos híbridos apomícticos mediante el estudio de su capacidad germinativa. Con base en lo anterior se establecieron los siguientes objetivos.

### **Objetivo General**

Caracterizar el proceso de germinación retardada, conocido como latencia, en híbridos apomícticos del Grupo Elite II de zacate buffel, bajo las condiciones de semilla con envolturas (involucro) y sin envolturas (cariósides).

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar el papel que juegan las envolturas de los cariósides en la latencia de los híbridos apomícticos del Grupo Élite II de zacate buffel.
2. Comparar la germinación y emergencia de los híbridos del Grupo Élite II de zacate buffel con la variedad Común.

## **Hipótesis**

1. Existen diferencias en el período de latencia entre los híbridos del Grupo Élite II de zacate buffel de acuerdo a la condición de la semilla (involucros y cariósides).
2. Al menos uno de los genotipos del Grupo Élite II se diferenciará en el período de latencia con la variedad Común.

**Palabras Clave:** Cariósides, Índice de velocidad de emergencia, Índice de velocidad de Germinación, Involucros, *Pennisetum ciliare*.



## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen y Distribución del Zacate Buffel

El zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. es una especie perenne, perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae y tribu Paniceae. Se considera originario de Sudáfrica de la región del Transvaal y Provincias del Cabo de Buena Esperanza, proviene de regiones de clima cálido de donde se ha ido dispersando a las regiones áridas y semiáridas, tropicales y subtropicales del norte de África y dentro de los pastizales áridos del oeste de la India, Pakistán, Australia, Asia, Madagascar, Islas Canarias, Arabia, Norteamérica, y Sudamérica (Bashaw, 1985).

El zacate buffel continuó dispersándose por varias regiones del mundo en forma natural o inducida. En 1940, se realizó una colecta de semillas de zacate buffel en numerosas regiones semiáridas del norte de África, desierto de Turkana, región centro-norte de Kenia y sur de Etiopía (Holt, 1985). Posteriormente estas colectas se sembraron en la Estación de Introducción de Plantas de Ritvlei, cerca de Pretoria, donde se evaluaron y se seleccionaron con base en el establecimiento, persistencia, producción y calidad forrajera. Dicha colección sobrevivió a la sequía que se presentó en el año de 1942 y en 1945, así inició un programa de producción de semillas de esa colecta. Los materiales del Turkana se introdujeron a Estados Unidos en 1946 y se establecieron y evaluaron en el sur de Texas de manera exitosa. Resultado de esas evaluaciones, el Departamento de Agricultura y el Servicio de Conservación de Suelos liberaron informalmente en 1949 el zacate buffel

T-4464, conocido como Común Americano (Holt, 1985). El zacate buffel se distribuyó en las zonas áridas y semiáridas del sur de Texas y noreste de México de una forma tan asombrosa que fue llamado “el zacate maravilla” (Hanselka, 1988).

### **Introducción del Zacate Buffel a México**

El zacate buffel se introdujo al norte de México durante los años 50's, para rehabilitar áreas degradadas con problemas de erosión, resiembra de pastizales, así como en la conservación de suelos (Cox *et al.*, 1988). La introducción del zacate buffel a nuestro país fue a través del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, por medio de un programa de investigación con Texas A&M University. Se establecieron parcelas experimentales en el Campo Experimental de Apodaca, Nuevo León, México. A partir de ahí, se dispersó de manera natural e inducida, a extensas superficies a lo largo de las costas del este y oeste de México (Cota y Jahnsen, 1975; Molina y Torres 1976; Agostinim *et al.*, 1981). Su naturalización en nuestro país ha sido tal, que ha logrado dispersarse y persistir en gran parte del territorio nacional, por lo que se considera que las condiciones de suelo y clima de estas regiones son similares a las condiciones climáticas y edáficas de su lugar de origen (Ibarra *et al.*, 1995). En el estado de Sonora el zacate buffel se introdujo en 1957, con material proveniente del estado de Nuevo León, Texas y Arizona. Se sembró por primera vez en el municipio de Navojoa, Sonora. En 1959 se dispersó en la entidad, al este de Hermosillo, región de Carbo y Pesquería (Ibarra *et al.*, 1988). Se estima que esta especie, ocupa una superficie de 1.2 millones de ha, en el estado de Sonora (SAGARPA, 2012); otros autores reportan 1.85 millones de ha, para el mismo estado (Franklin *et al.*, 2006). En la actualidad, buffel es uno de los pastos más utilizados en la ganadería extensiva en ambos lados de la frontera. Esta preferencia de los ganaderos se debe a sus

características agronómicas en comparación a otras especies forrajeras, como: tolerancia para sobrevivir períodos prolongados de sequía, relativa facilidad de establecimiento, alta producción de biomasa, buena calidad forrajera y tolerancia al pastoreo (Ebersohn, 1970).

“Común Americano” (Sin. T-4464) es la variedad de zacate buffel que se ha venido sembrando por más de 50 años, ha causado una revolución en la ganadería extensiva de nuestro país. Se adapta bien a otras regiones del país, como en zonas del trópico seco y su dominancia en zonas de baja precipitación en Tamaulipas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua y Jalisco, donde ocupa amplias superficies (Ibarra, 1987).

### **Importancia del Zacate Buffel**

El zacate buffel se considera la especie forrajera más importante para la ganadería extensiva del norte de México y sur de Texas debido principalmente a sus características agronómicas favorables y su buena adaptabilidad a las zonas áridas (Holt, 1985; Hanselka, 1988). Así como, por su rendimiento y calidad forrajera, agresividad y resistencia a plagas y enfermedades, puede aumentar el potencial forrajero del trópico, sustituyendo gramíneas nativas (Garza *et al.*, 1973). De León (2010) menciona que, la resistencia a la sequía del zacate buffel no solo le permite adaptarse a los ambientes más áridos, sino que, también le confiere una gran seguridad de producción de forrajes en las zonas más húmedas frente a las variaciones de precipitaciones entre años y a períodos secos dentro de un mismo año. La producción de forraje está determinada principalmente por: la variedad, textura, profundidad y fertilidad del suelo, fotoperíodo, temperatura, precipitación y grado de utilización (Hanselka, 1988).

Torres (2005) en Zaragoza, Coahuila reporta rendimientos experimentales de forraje verde para el híbrido AN17PS, Z-115, Común II, Formidable, Nueces y Higgins de 23.2, 31.8, 20.1, 29.3, 27.1 y 27.4 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

El zacate buffel como especie forrajera tiene una categoría muy importante con base en cuatro características claves: facilidad de establecimiento, su habilidad para sobrevivir períodos prolongados de sequía, respuesta favorable al pastoreo y su alta producción y calidad forrajera, por lo que se coloca arriba de entre los zacates de climas cálidos (Alcalá, 1995). Esto ha contribuido a su éxito entre los agostaderos y convertido en una especie deseable para resiembra en ranchos y mejoramiento de pastizales (Hussey y Bashaw, 1990).

Bashaw (1981) menciona que el zacate buffel se puede utilizar para alimentar todo tipo de ganado doméstico como: bovinos, ovinos, caprinos y equinos que apetecen este tipo de pastos, su utilización principal es a través de pastoreo directo o heno. Además, es una fuente barata de forraje para producir carne, leche y lana. Sus rendimientos de semilla son buenos, lo que representa un producto extra para el ganadero, que facilitan el desarrollo de una ganadería más redituable (Eguiarte, 1991).

La introducción del zacate buffel revolucionó la ganadería extensiva en el sur de Texas y norte de México, al aumentar la productividad forrajera, ya que incrementó la carga de 12 a 4 ha por unidad animal. Además, es muy digestible y de buena calidad nutritiva, resistente al pastoreo y de buena aceptación por el ganado. Una de sus cualidades es su alto potencial de producción, ya que produce entre 2 y 10 veces más forraje que las especie nativas, tanto en el sur de Texas como en el noreste de México (Ibarra *et al.*, 1991; Hanselka, 1988).

El zacate buffel aumenta la capacidad de carga tanto en praderas, como en agostaderos. Una pradera nativa puede incrementar su capacidad de carga al establecer zacate buffel en 2.5 % de su superficie, la capacidad de carga se incrementa de 300 a 375 UA y con 5-10 % de la superficie, la capacidad de carga se incrementa hasta 450-600 UA (Rethman, 1994). Estudios realizados en Argentina con varias especies perennes introducidas, incluyendo al zacate buffel, han demostrado que están pueden duplicar o triplicar la producción de forraje con respecto a los pastizales naturales (Rossi, 2005).

### **Clasificación Taxonómica**

El célebre botánico Carlos Linneo fue quien primero clasificó el zacate buffel en la colecta que realizó en el Cabo de Buena Esperanza, proponiendo su clasificación en el año de 1771 (Alcalá, 1995).

Familia: **Poaceae (Gramineae)**

Subfamilia: **Panicoideae**

Tribu: **Paniceae**

Género: *Cenchrus*

Especie: *C. ciliaris*

Sin embargo, clasificaciones más recientes, ubican a esta gramínea dentro del género *Pennisetum*, por lo que se denomina *Pennisetum ciliare* Link y mencionan a *C. ciliaris* como sinónimo (USDA, 2018; Robles *et al.*, 1990).

A pesar de los desacuerdos en la clasificación del zacate buffel, los taxónomos concuerdan que, entre ambos géneros *Pennisetum* y *Cenchrus*, existe una relación citológica por lo que están íntimamente relacionados entre sí (Hatch y Hussey, 1991). El argumento de

algunos botánicos para ubicar a *Pennisetum* como *Cenchrus* es que la vellosidad (pubescencia), en la base de su espiguilla, esta fusionada o unida. Sin embargo, Hignight *et al.* (1991) mencionan que la fusión de dicha vellosidad es un rasgo que puede variar incluso dentro del mismo *Pennisetum*, por lo que se considera que, el grado de fusión de la pubescencia no es suficiente para tal diferenciación.

### **Condiciones Ecológicas del Zacate Buffel**

Para aumentar el éxito en el establecimiento del zacate buffel se deben tomar en cuenta los factores climáticos y edáficos de la región donde se quiere establecer, ya que de ellos depende el establecimiento, la persistencia y la dispersión de esta especie, factores determinantes en la resiembra de esta gramínea.

Reynolds *et al.* (2004), reportan que la textura del suelo es de gran importancia para el crecimiento de las plantas y está muy ligado a la capacidad del suelo para retener la humedad. Buffel se adapta mejor a terrenos planos con lomeríos suaves, suelos profundos de buen drenaje y textura entre arenosa, franca, arena-arcilloso, arcillo arenosos, migajón limoso, migajón arenoso, migajón, migajón areno- arcilloso, entre otros (Marshall *et al.*, 2012). Aun cuando esta especie, se ha considerado moderadamente tolerante a la salinidad, Griffa *et al.* (2010), reportan variabilidad en la especie para tolerancia a este factor abiótico y mencionan que existen variedades de zacate buffel con alta tolerancia.

El zacate buffel generalmente no se desarrolla, ni se establece en suelos arcillosos, salinos, poco profundos o demasiado rocosos y con deficiencia de Ca. En este tipo de suelos la planta tiene problemas para persistir. Tampoco se adapta a suelos arcillosos de mal drenaje (Ibarra *et al.*, 1991), estos son muy dañinos para esta gramínea, ya que, aunque la semilla

germina bien, la superficie dura (costra), impide la emergencia de las plántulas. Los suelos arcillosos al hincharse con la humedad y agrietarse al secarse, estrangulan y rompen las raíces de las plántulas.

De acuerdo a Ibarra y Martín (1994), los suelos ideales para el establecimiento, persistencia y dispersión del zacate buffel deben tener las siguientes características:

- 1) El contenido de arena varía del 60 al 90 %.
- 2) La suma de limo y arcilla deben de ser menores a 50 %.
- 3) El N total y C orgánico-menores de 0.2 y 2.0 % respectivamente.
- 4) pH de 6 a 9.
- 5) Capacidad de intercambio catiónico de 12 a 35  $\text{cmolkg}^{-1}$ .
- 6) Sales solubles totales menores a 2000 ppm.
- 7) El P disponible de 1 a 22 ppm.
- 8) El Ca disponible de 1 a 22 ppm.
- 9) El K, Mg y Na disponibles oscilan de 39 a 1, 369 ppm.

Estudios realizados en Ramos Arizpe, Coahuila demuestran que el zacate buffel tiene un buen establecimiento y buena producción de forraje, en suelos salinos y arcillosos, cuando se utilizan genotipos rizomatosos y el trasplante como método de siembra (González *et al.*, 2016).

Un pH óptimo para el establecimiento del buffel es de 7.0 a 8.0 desde neutros hasta ligeramente alcalinos (Department of Primary Industries, 2004; Ward *et al.*, 2006). Sin embargo, se establece y persiste en pH con un rango de 5.1 a 8.4. Así mismo, en suelos hasta 1400 ppm de sales solubles totales (Ibarra *et al.*, 1991). La acidez afecta la germinación de la semilla del zacate buffel, niveles con pH de 3 reduce la germinación en

un 25 % y se inhibe con pH menores de 2 (Ibarra *et al.*, 1998). El zacate buffel no tolera altos niveles de aluminio y magnesio disponible en el suelo (Cook, 2007).

Ibarra *et al.* (1991) mencionan que el clima y el suelo son factores que determinan el establecimiento y persistencia del zacate buffel; por lo que, si se toman en cuenta estos factores, las probabilidades de fracaso en una resiembra se reducen notablemente.

La altura sobre el nivel del mar, está muy relacionada con la temperatura ambiente lo que delimita las áreas de siembra del zacate buffel. En Sonora, la altitud límite recomendada para el establecimiento del buffel es de aproximadamente 900 m; mientras que en Texas llega a 200 m; en el desierto Chihuahuense en México hasta altitudes de 1500 m, aunque se desarrolla mejor a los 1000 m y en regiones ecuatoriales de Sudamérica, África e India llega a los 1500 msnm (Ibarra *et al.*, 1991).

### Temperatura

El zacate buffel es una planta de crecimiento de clima cálido, la temperatura media que requiere para su establecimiento varía entre 18 a 35°C, siendo la óptima 25°C, esta especie presenta baja tolerancia a las heladas severas, por lo que su adaptación se limita a agostaderos con inviernos no muy fríos. En áreas con inviernos muy severos la sobrevivencia es errática y la producción de forraje mínima (Martínez, 2016).

En áreas adecuadas para el desarrollo del zacate buffel, el período libre de heladas es mayor a 340 días y la temperatura mínima promedio en el mes más frío desde 5.5 a 13°C. La planta tiene altos riesgos de mortalidad en áreas donde la temperatura mínima promedio en el mes más frío es menor de 5 °C (Ibarra, 1994).



## Precipitación

El zacate buffel se desarrolla bien en suelos con limitada humedad, pero no tolera suelos inundados. Cuando el suelo tiene humedad puede crecer desde marzo hasta las primeras heladas de septiembre a octubre; inicia el rebrote después de acumular de 10 a 20 mm de precipitación en el verano (Burson *et al.*, 2012).

De acuerdo a estudios realizados por Ibarra y Martín (1995), en México las regiones donde el buffel persiste y se dispersa presentan las siguientes características:

- 1) Precipitación total de 300 a 600 mm.
- 2) Precipitación de verano de 250 a 550 mm.
- 3) Precipitación de invierno inferior a 200 mm.

Bajo condiciones diferentes, su adaptación y persistencia se reducen y generalmente no se dispersa o muere.

## **Valor Nutritivo**

Díaz *et al.* (2007), reportan que el valor nutricional del zacate buffel es superior al de la mayoría de las especies nativas de la ganadería extensiva. El valor nutricional de este pasto depende en gran medida de su madurez, del genotipo, del estado fisiológico, las prácticas de manejo del cultivo y del clima (Díaz *et al.*, 1980).

La calidad del forraje del zacate buffel está influenciada por el ambiente (precipitación pluvial y temperatura) y factores de manejo: la parte de la planta que se considere, edad del rebrote, grado y época de utilización (White y Wolf, 1985). Generalmente, el contenido proteico del zacate buffel aumenta después de las lluvias de verano o invierno. La calidad nutritiva del forraje cambia a través de las diferentes etapas fenológicas: su

calidad es mayor cuando están en crecimiento activo y la calidad disminuye conforme avanza la maduración del otoño – invierno y en el estiaje.

Ramírez *et al.* (2002) mencionan que la maduración del forraje se encuentra muy relacionada con la lignificación de la pared celular de las plantas, también afecta el contenido y disponibilidad de minerales para los animales que lo consumen. García (2003) reporta que el contenido de proteína cruda del zacate buffel depende del estado de madurez de la planta; así mismo, se han encontrado diferencias en el valor nutritivo entre genotipos. El contenido de proteína, paredes celulares y digestibilidad de la materia seca es diferente entre hojas y tallos (Ramírez *et al.*, 2001).

### **Producción de Semilla**

Actualmente en México no existe un programa gubernamental o privado de producción de semillas forrajeras. En gran medida, la semilla utilizada en las resiembras es comprada en el extranjero y casi toda proviene de especies introducidas (Dávila y Sánchez, 2012).

En las especies forrajeras es importante conocer la fecha óptima de cosecha de la semilla de acuerdo a su estado fenológico para obtener la máxima producción y calidad de la semilla. El zacate buffel es una especie dehiscente por lo que el momento idóneo para la cosecha de semilla, es cuando los involucros comienzan a desprenderse con facilidad de la panícula. Conde-Lozano *et al.* (2011) mencionan que el rendimiento de semilla es de 10 a 60 kg ha<sup>1</sup>, conservando buena viabilidad durante tres años. Sin embargo, Eguiarte y González (2004) reportan rendimientos de semilla para las variedades Biloela y Formidable de 130 y 104 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

En Coahuila el volumen de la producción agrícola de semilla en el 2001 fue de 519,086 toneladas de zacate buffel, aportando el 74.4 % respecto del total nacional, ocupando así el primer lugar de los seis estados más importantes del país.

### **Descripción Morfológica del Zacate Buffel**

Buffel es una especie forrajera perenne, amacollada, con proceso fotosintético C<sub>4</sub> (Taliaferro y Bashaw 1966). Los tallos son erectos, articulados, alargados, llegan a medir de 0.20 a 1.50 m, la base esta engrosada desde una corona nudosa, por lo cual almacena más carbohidratos que otras especies, permitiéndoles rebrotar después de las heladas o sequías prolongadas. Dependiendo de la variedad mide de 0.50 a 1.70 m. Las hojas planas, lineales, lisas, algunas veces doblada con ligera velloidad en la base, márgenes cartilagosos miden 3 a 8 mm de ancho y 1.5 a 30 cm de largo terminando en una punta delgada, color verde a azul – verdoso. Su sistema radicular es profundo y fuerte, llega a medir más de 2.5 m (Jorge *et al.*, 2008).

### **Inflorescencia**

El zacate buffel presenta inflorescencias tipo panícula contraída (Hanselka y Johnson, 2004) sus espiguillas están en un involucro en grupos de 2 a 3, rodeadas y envueltas por un abrojo espinoso (burr) compuesto por cerdas soldadas, el pedúnculo es corto y grueso, articulado en su base, desprendiéndose junto con las espiguillas a la madurez (Ibarra y Martin, 1994). El color de la inflorescencia es amarillo, morado o gris, tornándose, púrpura oscuro o café a la madurez.

## **Semilla**

Botánicamente, la semilla es el óvulo maduro encerrado dentro del ovario maduro o fruto, la cual está compuesta de tres partes básicas: embrión, endospermo y cotiledón llamados tejidos de reserva o almacenamiento y la testa o cubierta de la semilla (Hartmann y Kester, 1999).

Moreno (1986) menciona que la semilla es una estructura que contiene por lo menos un embrión maduro, en el caso de las gramíneas se considera como semillas a cariósides y flósculos con cariósida. Las semillas del zacate buffel están apretadas y son delgadas y se reconocen fácilmente por su tonalidad púrpura (Flores, 1986).

## **Fruto**

El fruto del zacate buffel es un cariósida, no se encuentra visible, está encerrado dentro de un involucro (pequeña flor compuesta) conformado por varias espiguillas, con involucro aristado como ramillas modificadas, pueden ser solitarias o estar por grupos de 2 a 7, los cuales están unidos directamente al pedicelo de la panícula sin ninguna extensión. Los involucros son la unidad de dispersión del zacate buffel y miden de 5 a 10 mm, cada uno puede contener de 1 a 5 cariósides. El número de semillas es diferente en cada variedad, buffel “Común” ó “Americano”, contiene de 0 a 4 semillas fértiles por flósculo; sin embargo, es común encontrar uno o dos cariósides, uno de ellos es de mayor tamaño, y produce una planta más vigorosa, lo que facilita el establecimiento en los agostaderos (Ibarra *et al.*, 1995).

## **Apomixis**

Apomixis (*Apo=sin; mixis=mezcla*) es la reproducción asexual por semilla. Es una reproducción clonal que perpetúa la composición genética de una planta o grupo de individuos. La apomixis, llamada también agamosperma, significa reproducción asexual por semilla, en la cual un embrión se desarrolla dentro de un óvulo sin involucrar meiosis y fertilización (Bath *et al.*, 2005). Esto conduce a la producción de progenie clonal, es decir el genotipo es idéntico al de la planta madre (Nogler, 1984; Koltunow y Grossniklaus, 2003) debido a que, en la apomixis, el embrión se forma sin la unión de los gametos: huevo y núcleo espermático (Bashaw y Hanna, 1990). En el mismo sentido Koltunow *et al.* (1995), mencionan que los procesos apomícticos ocurren en el óvulo, resultando en progenie que son copias genéticamente exactas a la planta madre debido a que la fertilización no es necesaria para producir un embrión apomíctico.

### **Reproducción del Zacate Buffel**

El método de reproducción del zacate buffel es por apomixis, se caracteriza por evitar la meiosis y la fertilización, por lo que se considera un método de clonación natural, cuyo material genético es idéntico al progenitor femenino (Quero *et al.*, 2010). La ventaja de este tipo de reproducción es que la semilla que se cosecha, se puede utilizar como material de siembra y conserva las características del progenitor femenino.

La apomixis presente en el zacate buffel es del tipo aposporia y pseudogamia que consiste en el desarrollo de un embrión autónomo, sin la fusión de gametos. Sin embargo, para la formación del endospermo, es necesario la polinización para que, los granos de polen

(gameto masculino) fecunden los núcleos polares, las nuevas plantas producidas son genéticamente idénticas a la planta madre (Quero *et al.*, 2010).

### **Calidad de la Semilla**

De acuerdo al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la calidad de las semillas es el conjunto de cualidades fisiológicas, genéticas, físicas y sanitarias, que por un lado permiten dar origen a plantas productivas (CIAT, 1991) o bien pueden afectar la capacidad de producir plantas con alto potencial productivo (ISTA, 2012).

Una buena calidad fisiológica implica integridad de estructuras y procesos fisiológicos que le permiten a la semilla germinar, emerger, dar origen a plantas uniformes, vigorosas y con alto índice de vigor (CIAT, 1991).

Jiménez (1990), menciona que uno de los criterios más simples para analizar la calidad de la semilla es el reconocimiento de la presencia de grano, mediante el frotado manual de la semilla cosechada, el cual fácilmente aplica en *Festuca arundinacea*, *Eragrostis curvula*, *Cenchrus ciliaris*, *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*. Las pruebas que determinan la calidad de las semillas se refiere al porcentaje de germinación y el porcentaje de pureza (de León, 1973). Estas determinan la cantidad de semillas que se debe de utilizar en la siembra. Su calidad está determinada por el valor de semilla pura viable (SPV), y depende del porcentaje de germinación y pureza física (Ibarra *et al.*, 1989).

### **Semilla Pura Viva**

La semilla pura viva (SPV), es la proporción que tiene un lote de semillas, que están llenas o con cariósides formados y que además están vivas (De León, 1977). Técnicamente este

valor nos indica la proporción de semilla comercial que es capaz de germinar y dar origen a plántulas. Estos datos son necesarios para el ajuste de la densidad de siembra con base en la calidad de la semilla. Los estándares industriales para la venta de semilla de zacate buffel son 80 % de pureza y 80 % de germinación (Jupe, 1991).

La SPV representa la proporción de semillas puras y viables listas para germinar (calidad real de la semilla). Se determina multiplicando el porcentaje de germinación por el porcentaje de pureza y dividiendo el producto entre 100 (Giarudo, 2003).

$$\% \text{ SPV} = \frac{\% \text{ de pureza} \times \% \text{ de germinación}}{100}$$

### **Pureza**

La pureza la determina la proporción de granos llenos o que tienen cariósides formados de la muestra (semilla limpia) se expresa en porcentaje, se caracteriza por la proporción de los distintos componentes presentes en un lote como: semilla pura, semillas extrañas y materia inerte (ISTA, 2012). En semillas brozosas como el zacate buffel la pureza de un lote de semilla la determina la proporción de semillas que tienen cariósides formados, después de que se separan de impurezas como florecillas vacías y semillas de otros cultivos o malezas. La pureza es un parámetro decisivo en semillas de alta calidad y es uno de los principales requisitos para el alto rendimiento de peso (FAO, 1985). La calidad fisiológica se determina por la capacidad de las semillas para desempeñar funciones vitales y se evalúa a través de la germinación, la viabilidad, el vigor y la longevidad.

## **Germinación**

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de una semilla (Bidwell, 1990). También se define como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales, dependiendo del tipo de semillas de que se trate, las cuales son indicadores de su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables (ISTA, 1985).

Hartmann y Kester (1999) mencionan que para que inicie el proceso de germinación, se requieren tres condiciones:

1. Viabilidad de la semilla. El embrión debe estar vivo y tener capacidad de germinar.
2. La semilla no debe tener latencia.
3. Condiciones ambientales adecuadas para que la semilla germine. Disponibilidad de agua, temperatura, oxígeno y algunas especies requieren de luz.

### **Proceso de la Germinación**

Bewley y Black (1994); Salisbury y Ross (1994) resumen el proceso de la germinación en tres fases (Figura 1).

- Fase I. Inicia con la absorción de agua y el reinicio del metabolismo, esto es un aumento en la tasa de respiración y una rehidratación de las proteínas, a este proceso se le llama imbibición.
- Fase II. Se presenta una profunda transformación metabólica y una considerable reducción en la absorción de agua, a esta fase se le llama estacionaria.



- Fase III. Se caracteriza por un incremento considerable en la absorción de agua y en la actividad respiratoria, por lo que empiezan a observar cambios morfológicos visibles, en concreto la elongación de la radícula.

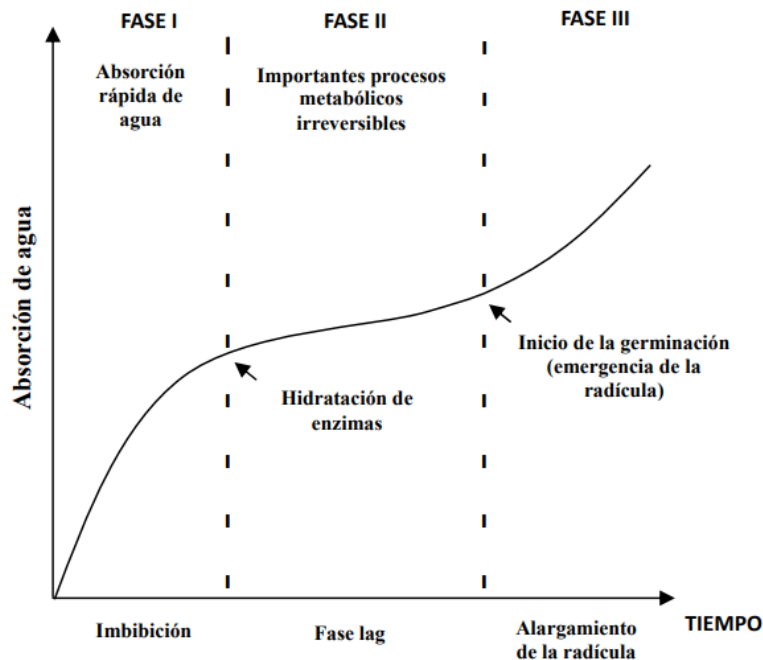


Figura 1. Etapas de germinación que conducen a la emergencia de la radícula, modificado por Vázquez, 1997.

### Pruebas de Germinación

Las pruebas de germinación se realizan con el objetivo de obtener información sobre la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Estas pruebas permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de la misma especie (Moreno, 1986). La viabilidad de la semilla puede expresarse como el porcentaje de germinación, que indica el número de plantas producidas por un número dado de semillas. Características de alta calidad son: la velocidad de germinación, el crecimiento vigoroso de las plántulas y el aspecto normal de las mismas. El porcentaje de germinación y la tasa de germinación son parámetros indicativos de la germinación.

## **Vigor de la Semilla**

El vigor de las semillas son atributos importantes de la calidad, ya que, si por un lado la calidad de la semilla está determinada principalmente por la germinación, el establecimiento de las plantas en el campo depende en gran medida del vigor de la semilla (Moreno, 1986).

La Asociación Oficial para Análisis de Semillas (AOSA), define el vigor como las propiedades de una semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia de las plántulas, bajo un amplio rango de condiciones de campo. Éste, y el peso de la semilla están asociados con el vigor de la plántula, por lo que son consideradas características extremadamente importantes en el establecimiento de los zacates. Por otra parte, uno de los principales factores responsable de la disminución del vigor de la semilla, es el retraso en el proceso de germinación, que ocasiona desuniformidad en la germinación, considerándose a estas dos características como indispensables para un establecimiento uniforme (AOSA, 1983).

González *et al.* (2016), mencionan que el vigor de las plántulas debe ser incluido como un criterio de selección en programas de mejoramiento genético, ya que un buen vigor conduce a un mejor establecimiento y define al vigor de plántulas como la capacidad ejercida para un rápido crecimiento en estado de plántula. Esto les permitirá a las especies utilizadas en las resiembras de agostadero, escapar de las críticas condiciones ambientales prevalentes en las zonas áridas.

## **Latencia**

La latencia se define como la falta de capacidad de una semilla viable para germinar, aun cuando se encuentre en condiciones normalmente favorables para hacerlo, esto es, cuando se encuentra bajo temperatura, humedad y concentración de oxígeno adecuados para hacerlo (Doria, 2010).

García (2003), menciona que la mayoría de las especies pasan por un período de latencia, durante el cual el crecimiento de algún órgano vegetal queda temporalmente interrumpido; y permanecen en éste, hasta que se presentan las condiciones favorables para reanudar su desarrollo. Ésta se considera una de las propiedades adaptativas más importantes que poseen los pastos, que les permite a las semillas germinar en un momento o lugar favorable para su sobrevivencia (Herrera, 1995). Gracias a la latencia, se incrementa el número de sitios que permiten asegurar la sobrevivencia de las especies en tiempo y espacio (Koornneef *et al.*, 2002). Pero por otro lado, limita el establecimiento de gramíneas forrajeras para la alimentación del ganado, en períodos de mayor demanda de alimento y cubierta vegetal (Robles *et al.*, 1990).

Mérola y Díaz (2012) definen la latencia, dormición, letargo, reposo o vida latente; como el estado en el cual las semillas a pesar de tener las condiciones normales para su germinación, no lo hacen, debido a mecanismos físicos y fisiológicos internos de la semilla. Bloqueo interno propio de la semilla que determina que la misma no germine en condiciones consideradas como favorables durante determinado período de tiempo.

### **Causas de Latencia en Semillas**

Finch y Leubner (2006), mencionan que las principales causas de la latencia en la semilla son:

- 1) Presencia de un embrión inmaduro.
- 2) Cubierta seminal impermeable al agua o al oxígeno.
- 3) Presencia de sustancias que actúen como inhibidores de la germinación.
- 4) La resistencia mecánica que representan las cubiertas (glumas) que cubren los carióspsides, que la sellan en forma hermética e inhiben la germinación.

### **Período de Latencia**

Muchas semillas al alcanzar su punto máximo de madurez inician un período de latencia producido por factores internos y externos; que normalmente se interrumpe cuando se presentan las condiciones naturales adecuadas para la germinación o cuando se utilizan tratamientos que ayudan a propiciar las condiciones idóneas para la germinación de las semillas y aumentar los porcentajes de germinación (Rodríguez, 2000).

El zacate buffel presenta latencia, por lo que la semilla recién cosechada tiene bajos porcentajes de germinación. En la compra de semilla de zacate buffel es importante conocer el porcentaje de germinación y de pureza, el primero está influenciado por inhibidores químicos que se encuentran en las envolturas seminales.

### **Capacidad Germinativa del Zacate Buffel**

Las variedades de buffel tienen diferente tiempo de reposo: por ello la capacidad germinativa difiere según su variedad. Sin embargo, un reposo excesivo de la semilla almacenada también reduce la capacidad de germinación. Wilson (1961), reporta que la

capacidad germinativa del zacate buffel puede incrementarse entre 20 y 80 % después del reposo. Por lo que se recomienda almacenar la semilla entre 6 y 12 meses antes de la siembra (Paull y Lee, 1978; Cavaye, 1988). Buffel Común obtiene un buen porcentaje de germinación entre 6 y 12 meses después de la cosecha de la semilla. Giarudo (2003) menciona que el zacate buffel alcanza su máxima germinación entre 6 y 18 meses después de ser cosechada la semilla.

### **Tipos de Latencia**

De acuerdo a Baskin y Baskin (1998), hay dos tipos generales de latencia orgánica de la semilla: endógena y exógena. En latencia endógena algunas características del embrión previenen la germinación por lo que este tipo de latencia se denomina reposo y se encuentra bajo control. La latencia exógena implica que algunas características de las estructuras, incluyendo endospermo algunas veces perispermo, cubiertas de semillas o paredes de fruto, cubiertas del embrión inhiben la germinación.

### **Latencia por la Cubierta de las Semillas (Exógena)**

Latencia Física. Característico de un gran número de especies de plantas, en las que la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad, aún con temperaturas elevadas.

Latencia Mecánica. Las cubiertas de las semillas son demasiado gruesas o fuertes que impiden la expansión del embrión durante el proceso germinativo, aquí la semilla puede permitir el acceso al agua. Sin embargo, la germinación y el intercambio de oxígeno no llegan a ocurrir.

Latencia Química. Se presenta en el fruto o cubiertas de la semilla, se debe a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación. Los bajos porcentajes de germinación obtenidos con semilla recién cosechada, puede deberse al momento en que se cosechó o a la presencia de un inhibidor, el almacenamiento puede ser un método adecuado para que las semillas completen su maduración o eliminen las sustancias que impiden su germinación.

### **Latencia Interna**

Este tipo de latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. Se encuentran implicados dos fenómenos: El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y en el segundo es un letargo presente en el embrión.

Fisiológica. Es el tipo de latencia en la que la germinación es inhibida por un mecanismo fisiológico inhibidor.

Interno Intermedio. Este tipo de latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante.

Letargo del Embrión. Es la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad, se caracteriza porque, requiere de un período de enfriamiento en húmedo.

Dentro de esta categoría hay dos grupos:

Embriones Rudimentarios. Semillas cuyo embrión es apenas algo más que un pro-embrio embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto. En el endospermo existen inhibidores químicos de la germinación que se vuelven activos con las altas temperaturas.

Embriones No Desarrollados. En el momento de la madurez del fruto, algunas semillas tienen embriones poco desarrollados con forma de torpedos que puedan alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

### **Latencia en Especies Forrajeras**

La mayoría de las especies forrajeras presentan un período de latencia, en la naturaleza se considera un mecanismo valioso para diseminar las plantas en tiempo y espacio, que obliga a que esa semilla sea almacenada por períodos prolongados, contribuyendo esto a la sobrevivencia de las especies, ya que esa semilla germinará cuando las condiciones de temperatura y humedad sean adecuadas, para asegurar que complete su ciclo vegetativo. Sin embargo, en el establecimiento de una pradera la siembra de semilla con latencia trae como consecuencia, una emergencia irregular y heterogénea (Vite, 1998).

### **Latencia del Zacate Buffel**

La latencia en el zacate buffel se debe a la presencia de sustancias químicas conocidas como compuestos fenólicos, particularmente antocianinas, que están presentes en las glumas. Estas son solubles en agua por lo que, el efecto inhibitor tiende a desaparecer al mezclarse con la humedad del suelo (Jiménez *et al.*, 2005). Parihar *et al.* (1984) mencionan que los fenoles en las cubiertas son las causantes del retraso de la germinación en zacate buffel. Sin embargo, en un trabajo realizado con *Leymus chinensis* reportan que el factor inhibitor es la resistencia mecánica de las glumas, más que la permeabilidad del agua, por inhibidores y hormonas endógenas en las glumas. El porcentaje de germinación en zacate buffel se puede incrementar mediante la escarificación de los involucros, por

medio de productos químicos que ayudan a eliminar la cubierta de la semilla (Becerra, 1981). Por lo que diversas investigaciones demuestran que en las semillas de pastos en las que se les eliminan las glumas, que rodean al cariósido, incrementan significativamente la germinación, con respecto a las semillas que conservan intactas sus estructuras (Cordero y Oliveros, 1983; González *et al.*, 1994). Sin embargo, otros autores mencionan que el mecanismo de la latencia en esta especie se localiza dentro del cariósido, específicamente en el embrión donde se encuentran sustancias químicas que bloquean la germinación (Butler, 1985; Murdoch y Ellis, 2000).

Gutiérrez (2006), indica que, en muchas semillas de especies forrajera, como ocurre con el zacate buffel, se presenta reposo causado por un inhibidor de la actividad metabólica presente en el embrión. Su influencia es más fuerte en semillas frescas y decae con la edad; también se presenta reposo debido a impermeabilidad de la cubierta seminal al agua.

### **Métodos de Rompimiento de Latencia**

#### **Método Químico**

Este método consiste en la aplicación de sustancias químicas, para provocar la permeabilidad de la cubierta y favorecer la entrada de agua y oxígeno al embrión, generalmente se usa ácido sulfúrico.

La Asociación Internacional de Ensayos de semillas, recomienda el ácido giberélico, que es una hormona vegetal utilizada para el rompimiento de latencia. Este actúa en la inducción de enzimas de los cromosomas y activa enzimas que actúan en la movilización de las reservas (ISTA, 1985).



En un estudio realizado por Agüero (2017) para determinar la calidad de la semilla de zacate buffel, reporta que utilizando cariósides tratados con ácido giberélico se obtuvo un 38 % de germinación, mientras que los cariósides escarificados con pretratamiento de frío, calor y nitrato de potasio se obtuvieron 21 y 32 % de germinación respectivamente.

### **Método Físico**

Este método incluye aquellos factores que no dañan la estructura de la semilla como son la temperatura, luz, etc. El empleo de temperaturas en diferentes grados facilita la ruptura de la latencia en muchas especies.

La Asociación Internacional de Ensayos de semillas, recomienda el almacenamiento en seco para romper la latencia en semillas del tipo fisiológico. Este método es utilizado en especies en donde la latencia es de corta duración, para lo cual solo se requiere que la semilla sea almacenada en un lugar seco por un período corto, para que la latencia pueda ser rota en forma natural (ISTA, 1985).

### **Método Mecánico**

Es una técnica utilizada en gramíneas y se realiza manualmente retirando la lema y la palea que recubren el embrión, facilitando así la absorción de agua y el intercambio gaseoso (Mérola y Díaz, 2012).

La escarificación mecánica contribuye a incrementar notablemente la germinación, ya que altera la integridad física del pericarpio o cubierta. Esto permite la absorción de agua y oxígeno, eliminando así mismo la restricción mecánica. Se puede escarificar frotando con lija o golpeándolas sobre una superficie sólida, pinchando los integumentos de las

semillas, cortando una parte de las cubiertas o con martilleo. El tiempo de escarificación excesivo puede dañar la semilla reduciendo el poder germinativo (Pérez, 1995).

Algunos autores reportan que las semillas de pastos como el zacate buffel a las que se les eliminaron las glumas que cubren los cariósides presentaron incrementos significativos en la germinación, respecto a las semillas que no se les retiraron dichas estructuras (Cordero y Oliveros, 1983; González *et al.*, 1994).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitio Experimental**

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: la primera, en el área de germinadoras del Programa de Pastos y la segunda etapa en el invernadero 8, ambos pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila México, en las coordenadas geográficas de 25°21'13'' latitud norte y 101°02'01'' longitud oeste y a 1742 msnm de acuerdo con los datos tomados en 2018 con el equipo Global Positions System (GPS).

### **Material Genético**

El material genético utilizado en la investigación fueron seis híbridos apomícticos de zacate Buffel del grupo Elite II (G11, G2, G12, G6, G17 y G20) y la variedad Común como testigo.

Los híbridos apomícticos de zacate buffel se generaron en el Programa de Pastos de la UAAAN. Se realizaron cruzamientos del clon sexual TAM CRD B-1s como progenitor hembra y la variedad Zaragoza 115 como progenitor macho. Posteriormente se realizó una evaluación y selección fenotípica de las plantas individuales F<sub>1</sub>, con base en características agronómicas deseables. Se llevó a cabo un segundo ciclo de evaluación agronómica de familias F<sub>2</sub> para determinar el modo de reproducción de los híbridos y una selección de

los híbridos apomícticos más sobresalientes (GEII), de acuerdo a las características siguientes: producción de semilla, producción de forraje, tolerancia a heladas y tolerancia al tizón del zacate buffel causado por el hongo *Pyricularia grisea*. Una fracción de los híbridos apomícticos seleccionados del GEII se encuentran incluidos, en esta investigación.

#### Buffel Común T-4464

Común es una variedad liberada por el Servicio de Conservación de Suelos de EUA. Es actualmente la variedad más utilizada tanto en el sur de Texas como en el norte de México. El follaje es de color verde claro y la inflorescencia color púrpura, los tallos llegan a alcanzar 1.20 m de altura, tolera bien la sequía y se adapta bien a suelos arenosos profundos, tiene una buena producción de forraje y semilla (Hanson, 1972). Común es una variedad muy susceptible al tizón del zacate buffel causado por el hongo *Pyricularia grisea* (González, 2002). Las pérdidas por este patógeno varían de pocas lesiones a la marchitez de toda la planta en pastizales completos.

### **Metodología**

El trabajo de investigación se desarrolló en dos etapas:

#### **Experimento de Laboratorio**

Esta primera etapa consistió en la realización de pruebas de germinación estándar en semillas con envolturas (cerdas, glumas, lemas y paleas) y sin envolturas (cariósides) para determinar la duración de latencia de siete genotipos de zacate buffel en semilla con

un mes de cosechada. La latencia en los genotipos de zacate buffel se determinó a través de su capacidad germinativa, bajo dos niveles de condición de la semilla.

### **Preparación de la Semilla**

La semilla utilizada de *P. ciliare* se cosechó de forma manual el 1 de mayo de 2018 en Saltillo, Coahuila, cuando las semillas alcanzaron la madurez y antes de que los involucros se desprendieran de la planta, debido a la dehiscencia. Para obtener los cariósides, los involucros, unidad de dispersión del zacate buffel, se escarificaron mediante el método mecánico, que consiste en retirar las lemas, paleas y glumas que rodean a los cariósides, facilitando así la absorción de agua y el intercambio gaseoso.

Se esterilizaron las cajas Petri, agujas y pinzas de disección, primero se lavaron con agua de la llave y después con agua destilada, una vez secas se les puso papel filtro, se cubrieron con papel de estraza y se colocaron en una autoclave, aproximadamente por 15 minutos, a una presión interna de 103 kPa por encima de la presión atmosférica, lo cual provoca que el vapor alcance una temperatura de 121 °C. Previo a introducir el material a la germinadora se limpió el exterior e interior de ésta y cada una de las bandejas con algodón y alcohol para reducir la proliferación de microorganismos patógenos.

### **Siembra en Germinadora**

La siembra se realizó el 6 de junio de 2018, utilizando semilla con envolturas y sin envolturas con un mes de almacenamiento. Los involucros se revisaron en un diafanoscopio para seleccionar aquellos que tuvieran cariósides; cuando en un involucro, germinaron dos o más cariósides se registró solamente como uno.

Antes de la siembra se aplicó a las semillas captan al 0.1 %, que es un fungicida de contacto de amplio espectro, no sistémico, que actúa para prevenir contaminación por hongos o bacterias. Las unidades experimentales fueron cajas Petri de vidrio, utilizando como sustrato papel filtro, este fue humedecido con agua destilada y posteriormente se colocaron 50 semillas por unidad experimental. Las semillas se distribuyeron de manera uniforme con una aguja de disección y se les proporcionó agua destilada, necesaria durante el desarrollo del experimento, para no interrumpir el proceso de germinación de los genotipos, cuidando que no hubiera escasez o exceso de líquido en cada una de las cajas Petri. Estas se colocaron en una germinadora Seedburo, a una temperatura programada de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  con 8 h luz: 16 h oscuridad.

### **Variables Registradas**

#### **Porcentaje de Germinación**

La germinación de la semilla de los genotipos de zacate buffel se evaluó por un período de 28 días, las plántulas se clasificaron como normales, anormales, semillas sin germinar y muertas.

1) Plántulas Normales (PN). Se registraron como plántulas normales aquellas que tuvieran bien desarrolladas sus estructuras esenciales: radícula de 1 cm y un hipocótilo de 0.5 cm con coloración y aspecto normal (Gómez y González, 2004). Los datos se transformaron en porcentajes.

2) Plántulas Anormales (PA). Son aquellas plántulas que les faltan algunas de sus estructuras esenciales, que no pueden producir plúmulas capaces de sintetizar

clorofila, teniendo presencia de hojas completamente blancas (albina) y/o falta de color o ausencia de la radícula. Los datos obtenidos se transformaron a porcentajes.

- 3) Semillas Sin Germinar (SSG). Son aquellas semillas que al final de la prueba no germinaron ya que su cubierta se conserva dura, debido a que no imbibió agua, no hubo entrada de oxígeno a la semilla.
- 4) Semillas Muertas (SM). Aquellas semillas que no germinaron y fueron atacadas por hongos dándoles un aspecto blando y acuoso.

### **Vigor**

Se estimó el vigor de las semillas a través del Índice de velocidad de germinación.

### **Índice de Velocidad de Germinación**

El índice de velocidad de Germinación (IVG) es una prueba de vigor, esta variable se determinó con conteos diarios de las semillas germinadas. De acuerdo a Maguire (1962) se aplica la siguiente ecuación:

$$IVG = \Sigma \frac{NP}{D} + \frac{NP}{D} + \frac{NP}{D} \pm \dots + \frac{NP}{D}$$

*Dónde:*

*IVG= Índice de Velocidad de Germinación*

*NP= Número de Plántulas Germinadas*

*D= Días Después de la Siembra.*

## **Experimento en Invernadero**

La segunda etapa fue un experimento bajo condiciones de invernadero utilizando los mismos seis híbridos apomícticos y Común como testigo, por un período de 28 días de acuerdo con los protocolos de la ISTA (1985). La siembra se realizó el 26 de junio de 2018, se utilizó semilla con glumas y desglumada con dos meses de almacenamiento. La semilla se sembró en charolas de nieve seca de 200 cavidades, las charolas fueron desinfectadas previamente con hipoclorito de sodio al 1 %. Se utilizó como sustrato el producto comercial Promix®, que contiene los siguientes materiales: turba de *Sphagnum*, vermiculita, piedra caliza, yeso agrícola y agente humectante. La unidad experimental constó de 50 cavidades (cinco columnas y diez hileras), se sembraron 50 semillas por tratamiento, y cuatro tratamientos en una charola. Se depositó una semilla por cavidad a una profundidad de 1.0 cm. El experimento se desarrolló en el invernadero 8 proporcionándoles atención de riegos para un buen desarrollo en las plántulas.

### **Variables Registradas**

El efecto de la condición de la semilla, en el vigor de las plántulas de los genotipos, se determinó a través de las siguientes variables en el invernadero.

#### **Porcentaje de Emergencia**

Esta variable se obtuvo con el número de plantas emergidas a los 28 días después de la siembra, de acuerdo al período recomendado para zacate buffel (ISTA, 1985). Se consideró como plántula emergida al alcanzar 1 cm de plúmula. Los datos obtenidos se transformaron a porcentajes.



### **Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)**

Esta variable se determinó, contando el número de plántulas emergidas diariamente, considerando aquellas que sobresalían de un cm de longitud vertical sobre la superficie del sustrato. Se utilizó la fórmula propuesta por Maguire (1962).

$$IVE = \Sigma \frac{NP}{D} + \frac{NP}{D} + \frac{NP}{D} \pm \dots + \frac{NP}{D}$$

*Dónde:*

*IVE= Índice de Velocidad de Emergencia*

*NP= Número de Plántulas Emergidas*

*D= Días Después de la Siembra.*

### **Altura de Plántula**

La altura de plántula se determinó 28 días después de la siembra en cinco plántulas obtenidas al azar en cada unidad experimental. La altura se tomó desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja. Se obtuvo el promedio por unidad experimental.

### **Peso Seco de Plántula**

Esta variable se obtuvo en las mismas cinco plántulas en las que se determinó la altura, se cortaron desde la base de la planta y posteriormente se metieron en bolsas de papel de estraza debidamente identificadas y perforadas. Las muestras fueron colocadas en una cámara de secado a 65 °C por 24 horas, posteriormente se pesaron en una balanza analítica.

## Diseño Experimental

Para los experimentos de laboratorio y de invernadero, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial AxB de los tratamientos, la condición de la semilla como factor A, con dos niveles: involucros (nivel a<sub>1</sub>) y cariósides (nivel a<sub>2</sub>) y como factor B genotipos con siete niveles (b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub>, b<sub>6</sub> y b<sub>7</sub>). Se consideró como involucros, aquellas semillas que conservaron sus envolturas y como cariósides, a las semillas que fueron desprovistas de sus envolturas. El experimento tuvo un total de 14 tratamientos con tres repeticiones, que representan 42 unidades experimentales (Cuadro 1). Para las variables altura de planta y peso seco, sólo se consideraron seis genotipos debido a que el híbrido G-17, en la siembra con involucros tuvo 0 % de emergencia.

El modelo estadístico se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \beta_k + \epsilon_{ij}(k)$$

*Y<sub>ijk</sub>*= El *i*-ésimo nivel del factor condición de la semilla y el *j*-ésimo nivel del factor genotipo en la *k*-ésimo repetición

*μ*= Media general.

*α<sub>i</sub>* = El factor del *i*-ésimo nivel del factor condición de la semilla.

*β<sub>j</sub>* = Efecto del *j*-ésimo nivel del factor genotipos.

*αβ*= Efecto de la interacción del *i*-ésimo nivel del factor A con el *j*-ésimo nivel del factor B

*k* = 1,2,3.....bloques.

*E<sub>ijk</sub>*= Error experimental

## Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a la técnica de análisis de varianza y en los casos en que se detectó diferencia significativa se realizaron pruebas de comparación de medidas utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) a un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$ . Cuando en algunas unidades experimentales se presentaron valores de cero, los datos de esa variable se transformaron mediante  $\sqrt{x + 1}$  de acuerdo a (Steel y Torrie, 1980).

**Cuadro 1.** Determinación de la latencia de siete genotipos de zacate buffel en condiciones de laboratorio e invernadero. Saltillo, Coahuila. 2018.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
T1 a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Involucros - G11
T2 a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Involucros - G2
T3 a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Involucros - G12
T4 a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	Involucros - G6
T5 a <sub>1</sub> b <sub>5</sub>	Involucros - G17
T6 a <sub>1</sub> b <sub>6</sub>	Involucros - G20
T7 a <sub>1</sub> b <sub>7</sub>	Involucros - Testigo Común
T8 a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Cariópsides - G11
T9 a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Cariópsides - G2
T10 a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Cariópsides - G12
T11 a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	Cariópsides - G6
T12 a <sub>2</sub> b <sub>5</sub>	Cariópsides - G17
T13 a <sub>2</sub> b <sub>6</sub>	Cariópsides - G20
T14 a <sub>2</sub> b <sub>7</sub>	Cariópsides - Testigo Común

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento en Laboratorio

#### Porcentaje de Germinación

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación detectó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las fuentes de variación de la condición de la semilla, los genotipos y la interacción. El coeficiente de variación (8.9 %) estuvo dentro de un nivel aceptable (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas normales de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	SC	CM	FC	Fa	
					0.05	0.01
Bloques	2	0.798	0.399	1.7198 <sup>NS</sup>	3.37	5.53
Genotipos A	1	255.5379	255.5379	1101.4564 <sup>**</sup>	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	27.7121	4.6186	19.9077 <sup>**</sup>	2.47	3.59
GxCS AxB	6	17.8992	2.9832	12.8586 <sup>**</sup>	2.47	3.59
Error Exp.	26	6.0334	0.2320			
Total	41	307.9806				

CV= 8.9 %

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas

<sup>\*\*</sup> Diferencias altamente significativas

En el Cuadro 3 se observan las medias generales para el porcentaje de germinación obtenidas por los genotipos y los niveles de la condición de la semilla.

Cuadro 3. Comparación de medias del porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semilla (%)		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
G-11	28.28 a	56.44 cde	42.36 a
G-2	14.20 b	65.57 abc	39.89 ab
G-12	9.84 b	73.58 ab	41.71 abc
G-20	4.67 c	59.09 cd	31.88 de
G-6	3.92 cd	78.12 a	41.02 abcd
Común	2.67 cde	50.67 de	26.67 ef
G-17	1.33 e	45.10 e	23.22 f
Condición de la Semilla $\bar{X}$	<b>9.27 b</b>	<b>61.22 a</b>	<b>35.25</b>

Valores con diferente literal son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

Para los genotipos se formaron seis grupos de medias. En el primer grupo se encuentran los genotipos G11, G12, G6 y G2 con 42.36, 41.71, 41.02 y 39.89 % respectivamente. En el último grupo se ubica G17 y la variedad Común con 23.22 y 26.67 % respectivamente. Los híbridos obtuvieron un porcentaje de germinación promedio de 36.68 % superaron a la variedad Común (26.67 %) con un 37.53 %.

Con respecto a la condición de la semilla, los cariópsides obtuvieron el porcentaje de germinación más alto con un 61.22 % siendo diferente estadísticamente a los involucros que presentaron un porcentaje de germinación promedio de 9.27 %. El porcentaje de germinación promedio se incrementó un 560.26 % con respecto a los involucros, cuando se utilizaron cariópsides en la prueba.

Debido a que el análisis de varianza realizado para esta variable detectó diferencias altamente significativas en la interacción, se analizó el comportamiento que tuvieron los genotipos dentro de cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El análisis

estadístico detectó diferencias altamente significativas entre genotipos en los dos niveles de condición de la semilla (Cuadro A.9).

El porcentaje de germinación cuando se utilizaron involucros fue de 28.28 % para el híbrido G11 que obtuvo el porcentaje de germinación más alto y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. G17 y Común obtuvieron los valores más bajos con 1.33 y 2.67 % respectivamente y fueron estadísticamente iguales entre sí. Cuando el porcentaje de germinación se determinó con cariósides también se detectaron diferencias altamente significativas entre materiales. Los valores más altos los obtuvieron los híbridos G6, G12, G2 con 78.13, 73.58 y 65.57 % respectivamente fueron estadísticamente iguales entre sí. G17 y Común obtuvieron los valores más bajos con 45.10 y 50.67 % respectivamente (Cuadro 3).

El análisis estadístico para el comportamiento de los dos niveles de la condición semilla dentro de cada genotipo se presenta en el Cuadro A.10. Se detectaron diferencias altamente significativas en germinación entre las semillas con envoltura y las semillas sin envoltura en los siete genotipos. Todos los genotipos incrementaron su germinación notablemente cuando las envolturas fueron removidas y la siembra se realizó con cariósides. El incremento más notable se observa en el híbrido G6 ya que cuando las pruebas se realizaron con semillas con envoltura el porcentaje de germinación fue 3.92 % y este incrementó a 78.12 % cuando la prueba se realizó con semillas sin envoltura, siendo el incremento de un 1892 %. La menor diferencia en porcentaje de germinación entre los dos niveles de condición de la semilla se tiene en el híbrido G11, que obtuvo un 28.16 % más germinación sin envoltura que con envolturas. La variedad Común incrementó su porcentaje de germinación con semilla sin envoltura un 1797 % con respecto a semillas

con envolturas (Cuadro 3). Las diferencias tan altas en el porcentaje de germinación para todos los genotipos en semillas con envoltura con respecto a las semillas sin envolturas podría indicarnos que los inhibidores de la germinación se encuentran en la cubierta de las semillas del zacate buffel: lemas, paleas, glumas ya que se ha reportado que en estas cubiertas existen compuestos fenólicos, particularmente antocianinas que inhiben la germinación (Jiménez *et al.*, 2005; Parihar y Kanodia *et al.*, 1984). Se ha demostrado en diversas investigaciones que el porcentaje de germinación se incrementa al eliminar las glumas que rodean las cariósides (Becerra, 1981; Cordero y Oliveros, 1983; González *et al.*, 1994). Bewley y Black (1994) mencionan que, en las semillas con latencia, para que ocurra la germinación, el impedimento que la impone debe ser removido. Lo anterior concuerda con esta investigación en la que la germinación con cariósida fue mayor para todos los genotipos, a la obtenida por los involucros, como resultado de la eliminación de las estructuras protectoras. Agüero *et al.* (2017) reportan que el principal impedimento de la germinación de zacate buffel es la presencia de barreras físicas tanto externas (involucros, brácteas, glumas, lemas y paleas) como internas (ubicado en el pericarpio). Gómez (2003) reporta que con el desglumado de la semilla se obtuvieron mayores porcentajes de germinación en las variedades Común, Común II y H-17 con respecto a la semilla con glumas. Los porcentajes de germinación encontrados en esta investigación con semilla sin envolturas (61.22 %) con un mes de almacenamiento, es alta comparada con otras investigaciones (Gómez y González, 2004). Martínez *et al.* (2013) reportan un porcentaje de germinación de 12.5 % para semillas sin envoltura de buffel Común con un año de almacenamiento. En esta investigación con semillas sin envolturas, Común obtuvo 50.67 % de germinación. Paull y Lee (1978) mencionan que la semilla de buffel para siembra debe tener de 9 a 12 meses de almacenamiento. Bogdan (1997) menciona que el

almacenamiento mínimo debe ser de seis meses. Agüero *et al.* (2017) reportan un porcentaje de germinación de 31% para cariósides escarificados de T-4464 sin almacenamiento. Ellos obtuvieron los mejores resultados en semillas con tres meses de almacenamiento, en cariósides tratados con ácido giberelico.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del porcentaje de germinación de los siete genotipos de zacate buffel, en cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El porcentaje de germinación promedio de los híbridos con envoltura fue de 10.37 y sin envoltura 62.98 %. Los híbridos superaron a Común en un 288.38 % y 24.29 % con envoltura y sin envoltura respectivamente. Común obtuvo 2.67 y 50.67 % con envoltura y sin envoltura respectivamente, la diferencia más marcada entre Común y los híbridos se observa en la semilla con envoltura.

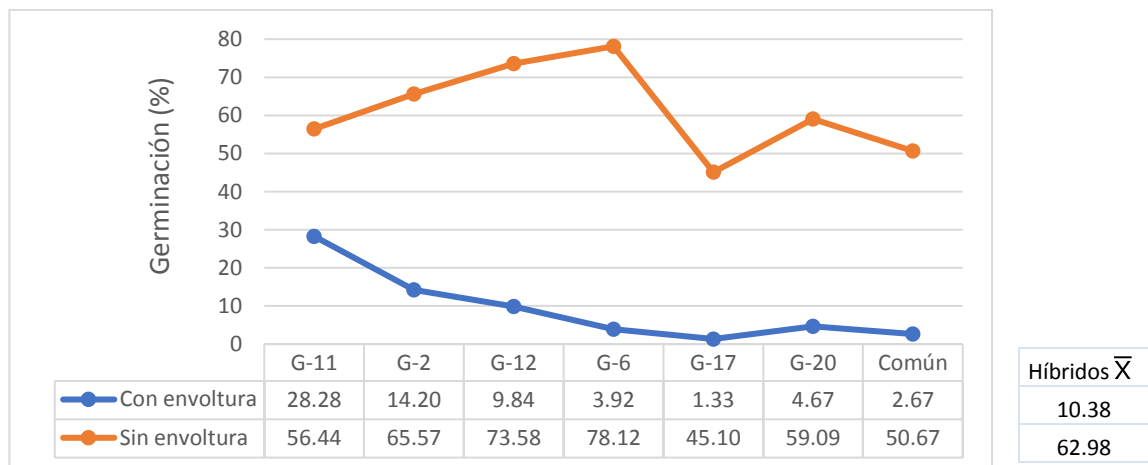


Figura 2. Porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel en dos niveles de la condición de la semilla.



Reyes (2004) en un estudio con tres variedades de zacate buffel a 11, 12 y 13 meses de almacenamiento reporta que el desglumado de la semilla incrementa la germinación independiente de la variedad y el periodo de almacenamiento.

### **Índice de Velocidad de Germinación**

El análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación indicó diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación condición de la semilla, genotipos y la interacción. El coeficiente de variación estuvo en un nivel aceptable de 4.5 % (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel en dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	SC	CM	FC	Fa	
					0.05	0.01
Bloques	2	0.1955	0.0977	13.0266 **	3.37	5.53
Genotipos A	1	18.4274	18.4274	2456.9866 **	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	2.0235	0.3327	44.36 **	2.47	3.59
GxCS AxB	6	0.9301	0.1550	20.6666 **	2.47	3.59
Error Exp.	26	0.1974	0.0075			
Total	41	21.7739				

CV= 4.5 %

\*\* Diferencias altamente significativas

Las medias generales para el índice de velocidad de germinación obtenidas por los genotipos y los niveles de condición de la semilla, se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de medias del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semilla		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
G-11	1.67 a	5.45 c	3.56 ab
G-2	0.92 b	6.50 b	3.71 abc
G-12	0.65 b	8.38 a	4.52 a
G-20	0.31 c	5.03 c	2.67 d
G-6	0.20 c	6.86 b	3.53 cd
Común	0.10 c	3.74 d	1.92 e
G-17	0.06 c	3.59 d	1.83 e
Condición de la semilla $\bar{X}$	<b>0.56 b</b>	<b>5.65 a</b>	<b>3.10</b>

Valores con diferente literal son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

En los genotipos el índice de velocidad de germinación más alto lo obtuvieron los híbridos G12, G2 y G11 con 4.52, 3.71 y 3.56 plantas/día respectivamente. El híbrido G17 y la variedad Común obtuvieron los valores más bajos con 1.83 y 1.92, plantas/día, fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los genotipos. Los híbridos promediaron un IVG de 3.30 plantas/día, superaron con un 71.87 % a la variedad Común (1.92).

Para la condición de la semilla los cariópsides obtuvieron el IVG más alto (5.65 plantas/día) y fue estadísticamente diferente a los involucros (0.56 plantas/día). Las semillas sin envolturas superaron con un 908.9 % al IVG obtenido por las semillas con envolturas.

Se procedió al desglose de los niveles de B dentro de cada uno de los niveles de A, debido a que el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas en la interacción. El desglose de los genotipos dentro de cada uno de los niveles de la condición de la

semilla, indicó diferencias altamente significativas entre materiales en los dos niveles de la condición de la semilla (Cuadro A.11).

El índice de velocidad de germinación en las semillas con envoltura más alto fue de 1.67 plantas/día lo obtuvo el híbrido G11 y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Cuando el IVG se determinó con semillas sin envoltura, el genotipo G12 obtuvo el valor más alto (8.38 plantas/día) y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Común y G17 obtuvieron un IVG más bajo con 3.74 y 3.59 plantas/día respectivamente y fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los genotipos (Cuadro 5).

El análisis estadístico para el comportamiento de los dos niveles de condición de la semilla dentro de cada genotipo detectó diferencias altamente significativas entre las semillas con envoltura y las semillas sin envoltura en los siete genotipos (Cuadro A.12). El incremento más alto en IVG se observa en el híbrido G12 ya que cuando las pruebas se realizaron con semillas con envolturas, el IVG fue de 0.65 y este se incrementó a 8.38 sin envolturas, incrementándose en un 1135 %. La variedad Común obtuvo un IVG de 3.74 con semilla sin envolturas y de 0.10 con semilla con envolturas incrementándose el IVG en un 3640 % con cariósides con respecto a involucros.

En la Figura 3 se observa el índice de velocidad de germinación de los siete genotipos en los dos niveles de condición de la semilla. El IVG promedio de los híbridos con envoltura y sin envoltura fue de 0.64 y 5.97 respectivamente, superando en un 540 % y 49.6 % con envolturas y sin envolturas respectivamente, a los IVG obtenidos por Común de 0.10 y 3.74 %, la diferencia más marcada entre los híbridos y Común se observa en la semilla con envoltura. La alta diferencia en el IVG obtenido con semilla con y sin envoltura,

coincide con Loch (1993) que menciona que la velocidad de germinación de los cariósides es consecuencia del ingreso del agua en ausencia de las cubiertas de protección. Un índice de velocidad de germinación alto es una buena característica en los pastos de zonas áridas ya que entre más pronto se inicie la germinación, las plántulas tienen mayor capacidad de desarrollarse, debido a que realizan más rápido la fotosíntesis y escapan de las condiciones de estrés.

Los IVG con cariósides obtenidos en esta investigación son más altos a los reportados en otras investigaciones. Velázquez (2016), reporta un IVG de 0.9214 en semilla de buffel Común tratada con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm, el testigo (semilla con envoltura) obtuvo un IVG de 0.1339, similar al obtenidos en esta investigación (0.10)

Martínez *et al.* (2013) reportan en semilla de buffel Común con un año de almacenamiento, un IVG de 1.65 plantas/día con semillas sin gluma, este valor es superado en un 126.6 % en esta investigación donde el IVG de Común fue de 3.74.

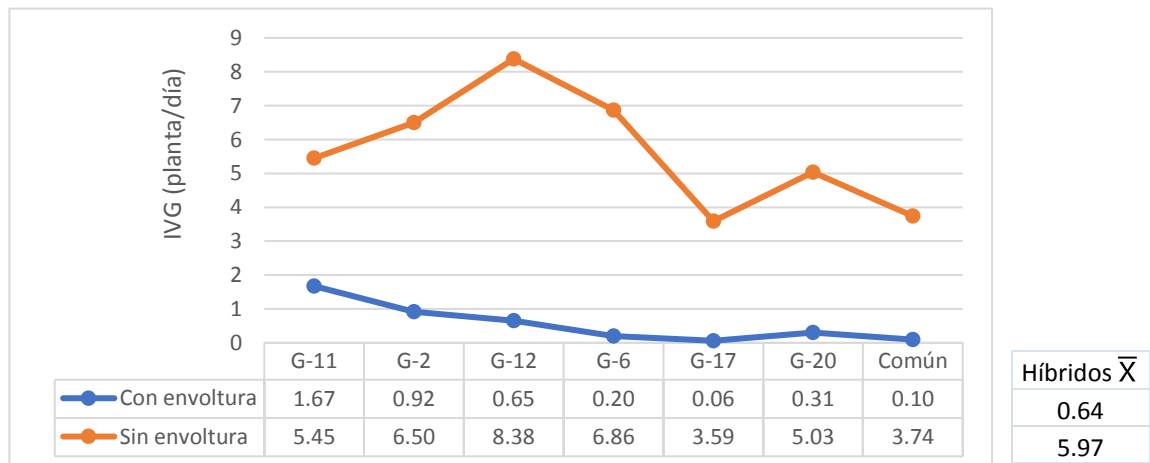


Figura 3. Índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel con semillas con dos niveles de condición de la semilla.

## Semillas Muertas

El análisis de varianza para semillas muertas detectó diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación de la condición de la semilla, los genotipos y la interacción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza de semillas muertas de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	SC	CM	FC	Fa	
					0.05	0.01
Bloques	2	214.4132	107.2066	1.0247 <sup>NS</sup>	3.37	5.53
Genotipos A	1	10838.5736	10838.5736	103.6014 <sup>**</sup>	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	4565.0577	760.8429	7.2725 <sup>**</sup>	2.47	3.59
GxCS AxB	6	2746.4231	457.7371	4.3753 <sup>**</sup>	2.47	3.59
Error Exp.	26	2720.074	104.6180			
Total	41	21084.5416				

CV= 41.8 %

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas

<sup>\*\*</sup> Diferencias altamente significativas

En el Cuadro 7 se observan las medias generales para semillas muertas obtenidas por los genotipos y los niveles de condición de la semilla. En los genotipos se formaron dos grupos de medias. En el primer grupo se encuentran los genotipos G17, G6, G12 y Común con 37.16, 32.87, 32.75, 27.50 % respectivamente. El segundo grupo, con el menor número de semillas muertas, se conformó por G20, G2 y G11 con 19.14, 15.89 y 5.78 % respectivamente. El porcentaje de semillas muertas de Común fue de 27.50 % superando al promedio de los híbridos con un 14.91 %. En la condición de la semilla el porcentaje

de semillas muertas fue de 8.37 % cuando la siembra fue con sin envolturas. El porcentaje se elevó considerablemente a 40.50 % con semilla con envoltura.

Cuadro 7. Comparación de medias del porcentaje de semillas muertas de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semilla (%)		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
G-6	61.93 a	3.80 b	32.87 a
G-17	56.67 ab	17.65 a	37.16 a
G-12	56.46 abc	9.04 ab	32.75 a
Común	43.47 abcd	11.52 ab	27.50 a
G-2	27.78 de	3.99 b	15.89 b
G-20	26.77 de	11.50 ab	19.14 b
G-11	10.44 e	1.11 b	5.78 b
<b>Condición de la Semilla <math>\bar{X}</math></b>	<b>40.50 a</b>	<b>8.37 b</b>	<b>24.44</b>

Valores con diferencia lateral son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

El análisis de varianza realizado para esta variable detectó diferencias altamente significativas en la interacción, por lo cual se analizó el comportamiento que tuvieron los genotipos dentro de cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El análisis estadístico indicó diferencias altamente significativas entre los genotipos en la condición de semillas con envolturas y no detectó diferencias significativas entre genotipos cuando la siembra se realizó con semilla sin envolturas (Cuadro A.13).

El rango en el porcentaje de semillas muertas en la siembra con cariósido fue de 1.11 para G11 hasta 17.65 % para G17, Común obtuvo un porcentaje de 11.52 %. Cuando la siembra se realizó con involucros los genotipos G6, G17, G12 y Común obtuvieron el porcentaje de semillas más altos con 61.93, 56.67, 56.46 y 43.47 % respectivamente, los cuales fueron iguales estadísticamente entre sí. El genotipo G11 obtuvo el menor

porcentaje de semillas muertas (10.44 %) y fue estadísticamente igual a G20 y G2 que obtuvieron 26.77 y 27.78 % respectivamente.

En el análisis de varianza para el comportamiento de los dos niveles de condición de la semilla dentro de cada material. Se detectaron diferencias altamente significativas entre la siembra realizada con envolturas y sin envolturas en los genotipos G2, G12, G6, G17 y Común y diferencias no significativas en los genotipos G11 y G20 (Cuadro A.14).

### Semillas Sin Germinar

El análisis de varianza para semillas sin germinar (SSG) detectó diferencias altamente significativas entre la condición de la semilla y entre genotipos y diferencias no significativas en la interacción (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza de semillas sin germinar de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Bloques	2	821.7815	410.8907	2.6968 <sup>NS</sup>	3.37	5.53
Genotipos A	1	3801.1745	3801.1475	24.9489 **	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	3989.8875	664.9812	4.3646 **	2.47	3.59
GxCS AxB	6	1126.6287	187.7714	1.2324 <sup>NS</sup>	2.47	3.59
Error Exp.	26	3961.2847	152.3571			
Total	41	13700.7569				

CV= 30 %

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas

\*\* Diferencias altamente significativas

En el Cuadro 9 se observan las medias generales para semillas sin germinar obtenidas por los genotipos y los niveles de condición de la semilla.

Cuadro 9. Comparación de medias del porcentaje de semillas sin germinar de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semillas (%)		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
G-20	68.57 a	29.39 abcd	48.98 a
G-11	61.28 ab	42.90 a	52.09 a
G-2	58.01 abc	30.44 abcd	44.23 a
Común	53.86 abcd	40.67 ab	47.27 a
G-17	42.00 bcd	37.26 abc	39.63 ab
G-6	34.12 d	18.07 d	26.10 b
G-12	33.70 d	19.64 d	26.67 b
<b>Condición de la Semilla <math>\bar{X}</math></b>	<b>50.22 a</b>	<b>31.20 b</b>	<b>40.71</b>

Valores con diferencia lateral son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

En los genotipos se formaron dos grupos de medias. En el primer grupo se encuentran los genotipos G11, G20, Común, G2 y G17 con 52.09, 48.98, 47.27, 44.23 y 39.63 % de SSG respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. Los genotipos con el menor porcentaje de SSG fueron G12 y G6 con 26.67 y 26.10 % respectivamente. Común obtuvo un 39.62 % de SSG superando a los híbridos con un 19.30 %.

En la condición de la semilla el mayor porcentaje de semillas sin germinar se obtuvo con involucros (50.22 %), con respecto a los cariópsides que tuvieron un 31.20 %. En la siembra con semillas sin envoltura los genotipos G12 y G6 obtuvieron el menor porcentaje de SSG con 19.64 y 18.07 que fueron iguales estadísticamente, el G11 obtuvo el mayor porcentaje con 42.90 %. Cuando la siembra se realizó con envolturas los genotipos G20, G11, G2 y Común obtuvieron los porcentajes de SSG más altos con 68.57, 61.28, 58.01



y 53.86 % respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí, G12 obtuvo el menor porcentaje de SSG con 33.70 y fue estadísticamente igual a tres genotipos.

### Experimento en Invernadero

#### Porcentaje de Emergencia

El análisis de varianza para el porcentaje de emergencia detectó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las fuentes de variación condición de la semilla, genotipos y la interacción y diferencias no significativas entre bloques. El coeficiente de variación (12.5 %) estuvo en un nivel aceptable (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah.2018.

FV	GL	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Bloques	2	2.1652	1.0826	2.2662 <sup>NS</sup>	3.37	5.53
Genotipos A	1	148.6705	148.6705	311.2214 <sup>**</sup>	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	53.1713	8.8618	18.5509 <sup>**</sup>	2.47	3.59
GxCS AxB	6	67.3528	11.2254	23.4988 <sup>**</sup>	2.47	3.59
Error Exp.	26	12.421	0.4777			
Total	41	283.7808				

CV= 12.5 %

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas

<sup>\*\*</sup> Diferencias altamente significativas

Las medias generales para el porcentaje de emergencia obtenida por los genotipos y los niveles de condición de la semilla se presentan en el Cuadro 11. El porcentaje de emergencia promedio más alto lo obtuvo Común y el híbrido G12 con 54.67 y 45 %

respectivamente los cuales fueron iguales estadísticamente. El porcentaje de emergencia más bajo, lo obtuvo G17 con 17.34 % que fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos. Común superó al promedio de los híbridos que obtuvieron 32.78 % de emergencia con un 66.77%.

Cuadro 11. Comparación de medias del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semilla (%)		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
Común	64.67 a	44.67 cde	54.67 a
G-11	17.33 b	31.33 e	24.33 c
G-12	14.00 bc	76.00 ab	45.00 ab
G-20	8.67 cd	65.33 abc	37.00 bc
G-2	7.33 cde	55.33 abcd	31.33 bc
G-6	5.33 de	78.00 a	41.67 bc
G-17	0.00 f	34.67 de	17.34 d
Condición de la Semilla $\bar{X}$	<b>16.76 b</b>	<b>55.05 a</b>	<b>35.90</b>

Valores con diferente literal son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

En cuanto a la condición de la semilla cuando la siembra se realizó con cariópsides se obtuvo un porcentaje de emergencia 55.05 % y fue estadísticamente diferente a la semilla con glumas, que presentó un porcentaje de emergencia promedio de 16.76 %. El porcentaje de emergencia promedio se incrementó un 228 % con respecto a los involucros, cuando en la prueba se utilizaron cariópsides.

El análisis de varianza realizado para esta variable indicó diferencias altamente significativas en la interacción (P<0.01), por lo cual se analizó el comportamiento que tuvieron los genotipos dentro de cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El

análisis estadístico indicó diferencias altamente significativas entre genotipos en los dos niveles de condición de la semilla (Cuadro A.15).

El porcentaje de emergencia cuando se utilizaron semillas con envolturas fue de 0 para G17 hasta 64.67 % para la variedad Común, el cual fue estadísticamente diferente a todos los genotipos, seguida de G11 y G12 que obtuvieron 17.33 y 14 % respectivamente. Cuando el porcentaje de emergencia se determinó sin envolturas los valores más altos los obtuvieron los híbridos G6, G12, G20 y G2 con 78, 76, 65.33 y 55.33 % respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. Los valores más bajos los obtuvieron para G11, G17 y Común con 31.33, 34.67 y 44.67 % respectivamente (Cuadro 11).

El Cuadro A16 se presenta el análisis de varianza para el comportamiento de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos. Se detectaron diferencias altamente significativas en cinco genotipos: G6, G20, G12, G17 y G2 y diferencias significativas para Común y G11.

Como se observa en el Cuadro 11 el porcentaje de emergencia se incrementó cuando la siembra se realizó con semilla sin envoltura. En el híbrido G6 cuando la siembra se realizó con semilla con envoltura el porcentaje de emergencia fue de 5.33 % y este incrementó a 78 %, cuando se utilizaron semillas sin envoltura en la prueba, siendo el incremento de un 442.85 %.

Se ha demostrado que el recurso clave para iniciar los cambios fisiológicos que conducen la emergencia de la semilla es la cantidad de agua que absorbe una semilla y la velocidad a la que lo hace, no solo depende de las características de la semilla, como la permeabilidad de sus cubiertas, la composición química de sus reservas, su tamaño y su

contenido de humedad, sino que también están determinados por condiciones ambientales como lo es la humedad del suelo, humedad del aire, la temperatura y luz (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Nobel, 1999).

En la Figura 4 se observa el comportamiento de los genotipos en los dos niveles de condición de semilla, todos excepto Común obtuvieron un mayor porcentaje de emergencia con semillas sin envoltura.

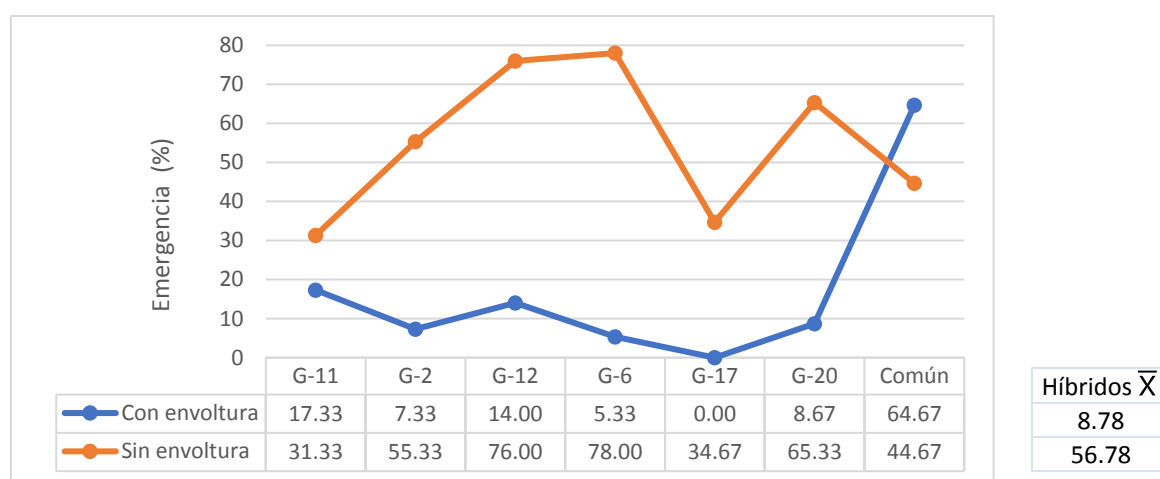


Figura 4. Porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de la condición de la semilla.

### Índice de Velocidad de Emergencia

El análisis de varianza para el índice de velocidad de emergencia (IVE) indicó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las fuentes de variación de la condición de la semilla, los genotipos y la interacción y diferencias no significativas entre bloques. El coeficiente de variación estuvo en un nivel aceptable de 9.8 % (Cuadro 12).

Las medias generales para el índice de velocidad de emergencia obtenidos por los genotipos y los niveles de condición de la semilla, se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 12. Análisis de varianza del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Bloques	2	0.0873	0.0436	1.1595 <sup>NS</sup>	3.37	5.53
Genotipos A	1	8.5952	8.5952	228.5957 **	4.22	7.72
Cond. Semilla B	6	4.1859	0.6976	18.5531 **	2.47	3.59
GxCS AxB	6	4.2189	0.7031	18.6994 **	2.47	3.59
Error Exp.	26	0.9796	0.0376			
Total	41	18.0669				

CV= 9.8 %

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas

\*\* Diferencias altamente significativas

En los genotipos se formaron cuatro grupos de medias. Común y el genotipo G12 obtuvieron los valores de IVE más altos con 4.98 y 4.35 plantas/día respectivamente y fueron estadísticamente iguales entre sí. El IVE más bajo 0.94 plantas/día lo obtuvo el G17 que fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Común superó al promedio de los híbridos (3.03 plantas/día) con un 64.35 %.

Con respecto a la condición de la semilla, IVG de semillas sin envoltura fue de 5.06 plantas/día siendo estadísticamente diferente a las semillas con envolturas que presentó un IVG de 1.55 plantas/día. Las semillas sin envoltura superaron con un 226.45 % al IVE obtenido por las semillas con envolturas.

Cuadro 13. Comparación de medias del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Condición de la Semilla		Genotipos $\bar{X}$
	Involucros	Cariópsides	
Común	5.82 a	4.15 cd	4.98 a
G-11	1.78 b	3.09 d	2.44 c
G-12	1.26 bc	7.44 a	4.35 ab
G-20	0.72 cd	7.09 ab	3.90 bc
G-6	0.65 cde	6.77 ab	3.71 bc
6-2	0.61 cde	5.04 c	2.83 c
G-17	0.00 f	1.88 e	0.94 d
Condición de la Semilla $\bar{X}$	<b>1.55 b</b>	<b>5.06 a</b>	<b>3.31</b>

Valores con diferente literal son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

Debido a que el análisis de varianza realizado para esta variable detectó diferencias altamente significativas en la interacción, se analizó el comportamiento que tuvieron los genotipos dentro de cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El análisis estadístico identificó diferencias altamente significativas entre genotipos en los dos niveles de condición de la semilla (Cuadro A.17).

El IVE de los genotipos de las semillas con envoltura fue de 0 para G17 hasta 5.82 plantas/día para Común, el cual fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Cuando el IVE se determinó con semilla sin envoltura, el híbrido G12 ocupó el primer lugar con 7.44 siendo estadísticamente igual a G20 y G6 con 7.09 y 6.77 planta/día respectivamente (Cuadro 13).

El análisis de varianza para el comportamiento de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos detectó diferencia altamente significativa en el IVE en los

genotipos G20, G6, G12, G2 y G17 y diferencias significativas en la variedad Común y el híbrido G11 (Cuadro A.18).

Como se observa en el Cuadro 13 el IVE se incrementó en todos los híbridos, excepto en Común, cuando la siembra se realizó con semilla sin envolturas. Lo anterior se puede observar en el genotipo G20, cuando la prueba se realizó con envolturas el IVE fue 0.72 y este incrementó a 7.09 cuando la siembra se realizó con semillas sin envoltura, el incremento fue de 884.72 %.

En la Figura 5 se observa el IVE de los genotipos con dos niveles de condición de la semilla. Los valores más altos de la semilla sin envoltura, respecto a la semilla con envoltura, es consecuencia de la apertura de vías de ingreso de agua, el intercambio gaseoso e inclusive el ablandamiento de las estructuras que ocasionan restricciones mecánicas. Lo anterior coincide con lo reportado por Loch (1993), la velocidad de emergencia de cariósides está condicionada por el ingreso de agua en ausencia de las cubiertas de protección. Un IVE alto es una medida de vigor que influyen en un rápido crecimiento en estado de plántulas, esta es una característica deseable en especies utilizadas en la resiembra de agostaderos, ya que les permite escapar de las críticas condiciones prevalentes en las zonas áridas. González *et al.* (2016) mencionan que el vigor de las plántulas debe ser incluido como un criterio de selección en los programas de mejoramiento genético.

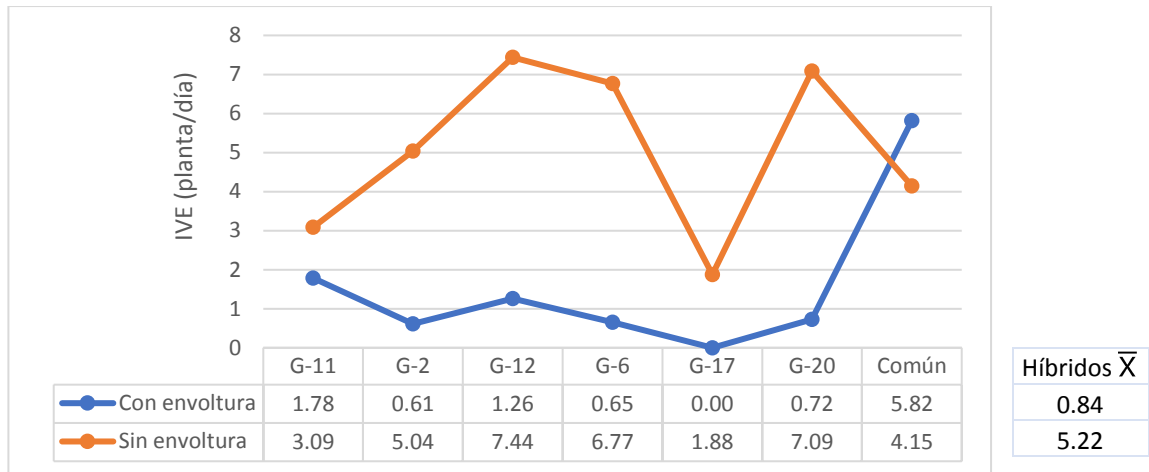


Figura 5. Índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de la condición de la semilla.

### Altura de Planta

El análisis de varianza para altura de planta no detectó diferencias significativas para genotipos, condición de la semilla y la interacción (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cuadrados de medio de altura de planta y peso seco de seis genotipos de zacate buffel bajo dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Altura de planta	Peso seco
Bloques	2	0.6479 <sup>NS</sup>	3.4501 <sup>NS</sup>
Genotipos A	1	0.8065 <sup>NS</sup>	0.2336 <sup>NS</sup>
Cond. Semilla B	5	0.3586 <sup>NS</sup>	1.3160 <sup>NS</sup>
GxCS AxB	5	0.2654 <sup>NS</sup>	0.4588 <sup>NS</sup>
Error Exp.	22	0.3795	1.0997
Total	35		
CV (%)		12.3	18.8

<sup>NS</sup> Diferencias no significativas



El rango de altura de los genotipos fue de 14.02 cm para G6 hasta 17.87 cm para G11 con una altura promedio de 16.41 cm y una diferencia entre estos valores de 3.85 cm (Cuadro 15).

### Peso Seco

El análisis de varianza para peso seco no detectó diferencias significativas para condición de la semilla, genotipos, ni para la interacción (Cuadro 14). Los valores de peso seco de las plántulas fue de 21.64 mg para G6 hasta 32.16 mg para G11 con una diferencia entre estos valores de 10.52 mg y un valor promedio de 26.91 mg (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias de altura de planta y peso seco de seis genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Altura de Planta cm	Peso Seco mg
G-11	17.87	32.16
Común	17.27	29.24
G-12	16.78	25.63
G-20	16.75	29.79
G-2	15.81	23.01
G-6	14.02	21.64
$\bar{X}$	<b>16.41</b>	<b>26.91</b>

En este experimento, las variables altura de planta y peso seco, no contribuyeron para diferenciar el efecto de la condición de la semilla, en el vigor de los genotipos en estado de plántula. Sin embargo, se observa que ha medida que se incrementa la altura en los genotipos aumenta el peso de biomasa seca (Cuadro 15).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con la fracción de genotipos del GEII incluidos en esta investigación permiten derivar las siguientes las siguientes conclusiones:

1. El zacate buffel es una especie silvestre y por lo tanto con una historia corta de selección y mejoramiento, donde se presenta el fenómeno de la latencia en semilla fresca.
2. Las envolturas de los cariósides juegan un papel importante en el proceso de inhibición de la germinación y latencia de la semilla.
3. La germinación independientemente del acondicionamiento de la semilla depende del genotipo y los híbridos son superior genotípicamente a la variedad Común.
4. El efecto inhibitor de las envolturas del cariósido es variable por las diferencias genotípicas de los híbridos.
5. Las diferencias genotípicas de los híbridos determinan también la variación en emergencia de las plántulas y la rapidez de las mismas para emerger.

## LITERATURA CITADA

- Agostinim, H. J. J., J. A. Morales y D. Enkerlin. (1981). Rendimiento y calidad de dos híbridos de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) dañados por diferentes poblaciones del complejo mosca pinta (*Aeneolomia albofasciata*) y (*Prosapia simulans*). Revista Agronómica 200: 42-47.
- Agüero, C.G. (2017). Propuesta metodológica para determinar la calidad en semilla de buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela para Graduados. Córdoba. 133 p.
- Agüero, C.G., G.R. Pereyra y R.O. Rolando. (2017). Método alternativo de germinación para determinar la calidad de semillas en buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) Agriscientia. 34:47-58.
- Alcalá, G.C.H. (1995). Origen geográfico y características biológicas del pasto buffel. En: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patronato del Centro de Investigación Pecuaria del Estado de Sonora A. C. Hermosillo, Son. México. pp. 9-14.
- Association of Official Seed Analyst (AOSA). (1983). Seed vigour testing Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. USA. pp. 20-24.
- Ayerza, R.H. (1981). El buffel grass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur S. A. pp. 139-152.
- Bashaw, E.C. (1981). Nueces and Llano buffelgrass. Texas Agricultural Experiment Station in cooperation with U.S. 20 (1).
- Bashaw, E.C. (1985). Buffelgrass origins. In: Runge E. C. A. and J. L. Schuster (eds). Buffelgrass: Adaptation, Management and Forage Quality Symposium. Tex. Agr. Exo. Sta. MP-1575. CS, TX. pp. 6-8.
- Bashaw, E.C. and W.W. Hanna. (1990). Apomictic reproduction. In: G. P. Chapman (ed.). Reproductive versatility in the grasses. Cambridge University Press. pp. 100-130.
- Baskin, C.C. and J.M. Baskin. (1998). Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. pp. 27 – 47.
- Bath, V.K., K. Dwivedi I, J.P. Khurana and S.K. Sopory. (2005). Apomixis: An enigma with potential applications. Special section: Embriology of Flowering Plants. Current Sci. 89 (11): 1879-1893.
- Becerra, D.J.A. (1981). Efecto de diversos tratamientos escarificadores sobre la germinación de la semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Resumen de Avances de Investigación del Centro de Investigaciones Pecuarias del estado de Sonora en

<http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P81003.php>.

- Beltrán, L.S., C.A., García D.C., Loredó O., J., Urrutia M., J.A., Hernández A., y H.G. Gámez V. (2017). "Titán" y "Regio", variedades de pasto buffel (*Pennisetum ciliare* L.) Link para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8 (3): 291-295.
- Bewley, J.D. and M. Black. (1994). Dormancy and the control of germination. *Seeds of development and germination*. Ed. Plenum Press. New York and London. pp. 199-271.
- Bidwell, R.G. (1990). *Fisiología Vegetal*. AGT Editor, S.A. México, D.F. 784.
- Bogdan, A.V. (1997). *Pastos tropicales y plantas forrajeras*. AGT Editor, S.A. México, D.F. 461 p.
- Burson, B.L., J.M. Actkinson, M.A. Hussey and R.W. Jessup. (2012). Ploidy determination of buffel grass accessions in the USDA National Plant germplasm System Collection by flow cytometry. *South African Journal of Botany* 79: 91-95.
- Butler, J.E. (1985). Germination of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *Seed Science and Technology*. 13: 583-591.
- Cavaye, J.M. (1988). Buffelgrass basics. *Queensland Agricultura Journal*. pp. 69-72.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1991). Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio Tutorial. Cali, Colombia. pp. 7-9.
- Conde-Lozano, E., A.J. Saldívar-Fitzmaurice, F. Briones-Encinia. y J.C. Martínez-González. (2011). Producción de semilla de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes ambientes agroecológicos en Tamaulipas, México. *Revista de la Facultad de Agronomía* 28 (3): 133-140.
- Cook, B.G. (2007). *Pastures Australia: Buffel grass*. Collaboration between Australia Wool Innovation, Grains Research and Development Corporation, Meat and Livestock Australia, Rural Industries Research and Development Corporation and Dairy Australia. Available at: [http://www.pasturepicker.com.au/Html/Buffel\\_grass.htm](http://www.pasturepicker.com.au/Html/Buffel_grass.htm)
- Cordero, M.J. y Oliveros M. (1983). Evaluación de temperatura y tiempo para conducir pruebas de germinación en semillas de *Andropogon gayanus*. *Agronomía Tropical* 33 (1-6): 357-366.
- Cota, A. y D. Johnson. (1975). Adaptación y producción de diez zacates perennes en Sonora. *Boletín Pastizales CI-MP-001*. Chihuahua, Chih. México.
- Cox, J.R., M.H., Martin-R, F.A., Ibarra-F, J.H., Fourie, F.G., Rethman, J. and Wilcox, D.G. (1988). The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. *Journal of Range Management* 41:127-139.
- Dávila, A.P. y K.J. Sánchez (2012). La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Ciencias* (044). pp. 32-34. Disponible en <https://www.revistaciencias.unam.mx>. Consultado: 23/04/18.

- De León,G.R. (1973). La producción de semilla de especies forrajeras en México. Memorias del VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Villahermosa, Tabasco. pp: 1-8.
- De León,G.R. (1977). Zacate buffel: Algunas consideraciones técnicas para la producción de semilla. PRONASE, SARH, México. 35 p.
- De León,M. (2010). Megatérmicicas para mejorar la ganadería subtropical. In XVIII Congreso AAPRESID. pp. 11-13.
- Díaz,F.A.,A. Méndez R. y R. Garza C. (2007). Tizón foliar del pasto buffel: su presencia en Tamaulipas, México. Rev. Tec. Mex. 33 (3): 24-34.
- Díaz,T.R. Zambrano G y C. Cajal M. (1980). Evaluación nutritiva del zacate buffel en estado verde, henificado y seco. En: Resumen de Avances de Investigación Pecuaria del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. AC <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/pastizales>. P80001.
- Doria,J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales 31:74-85.
- Ebersohn,J.P. (1970). Herbage production from native grasses and sown pastures in South-West Queensland. Tropical Grasslands 4 (1): 37- 41.
- Eguiarte,V.J.A. (1991). El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y su potencial forrajero en la Costa del Pacífico. CIPEJ-SARH-INIFAP-GOB EDO UGRJ. Boletín CIPEJ No. 24.
- Eguiarte,V.J.A. y A. González S. (2004). Validación de tecnología para la producción de semilla de pastos en el trópico seco. México Ganadero 507:40-43.
- FAO. (1985). Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Roma. 173 p.
- Finch,S.W.E. and G. Leubner M. (2006). Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist 171 (3): 501-523.
- Flores,M.J.A. (1986). Bromatología Animal. Segunda Edición. Ed. Limusa. México. 930 p.
- Franklin,K.A.,K. Lyons, P.L. Nagler, D. Lampkin, E.P. Glenn, F. Molina-Freaner, T. Markow and A.R. Huete. (2006). Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. Biological Conservation 127 (1): 62-71.
- García,B.F. (2003). Latencia de yemas y semillas. Biología y Botánica. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia>. Consultado: 23/04/2018.
- Garza,T.R.,G.G. Martínez, M.S. Treviño, J.L. Monroy, V.C. Pérez y G.O. Chapa. (1973). Evaluación de 14 zacates en la región de Hueytamalco, Puebla. Téc. Pec. Méx. 24:7-15.
- Giarudo,M. (2003). Marca Líquida Agropecuaria, Córdoba, 13 (121):17-21. Disponible:[http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pas\\_turas\\_cultivadas\\_megatermicas/74-buffel.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pas_turas_cultivadas_megatermicas/74-buffel.pdf). Consultado: 23/04/2018.

- Gómez,J.Y.R. (2003). Latencia de la semilla en dos nuevas variedades de zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 57 p.
- Gómez,M.S. y J.R. González D. (2004). Latencia de la semilla de nuevas variedades de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. Programa de Pastos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp. 309-312.
- González,D.J.R. (2002). El tizón del zacate buffel: una nueva enfermedad que amenaza a los pastizales de las zonas semiáridas. Boletín Divulgativo Especial. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 20p.
- González,D.J.R., S. Gómez M., J.M. Martínez R. y A.J. Hernández V. (2016). Características morfológicas de panículas del zacate buffel para distinción de variedades y gestión de derechos de propiedad intelectual. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Acta Fitogenética. Vol. 3: 82.
- González,Y., Mendoza F. y Torres R. (1994). Efecto del almacenamiento y la escarificación química y mecánica sobre las semillas de *Brachiaria decumbens* CV. Basilisk. Pastos y Forrajes 17 (1):35-43.
- Griffa,S.,A. Ribbota, C.E. López, E. Tomassino, E. Carloni, C. Luna and K. Grunberg. (2010). Evaluation seedling biomass and its components as selection criteria for improving salt tolerance buffel grass genotypes. Grass and Forage Science 65 (3): 358-361.
- Gutiérrez,C., J. Herrera y R. Alizaga. (2006). Optimización de las condiciones de germinación de cuatro especies de pastos tropicales II *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*. Revista Tecnología en Marcha 19 (3):27.
- Hanselka,C.W. (1988). Buffelgrass South Texas wonder grass. Rangelands 10: 279-281.
- Hanselka,C.W. y D. Johnson. (2004). Establecimiento y manejo de praderas de zacate buffel Común en el sur de Texas y en México. En: Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. 20-23 de agosto. Cd. Victoria, Tamps. pp. 54-59.
- Hanson,A.A. (1972). Grass varieties in the United States. Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook N° 170. pp. 39-40.
- Hartmann,H.T. y D.E. Kester. (1999). Propagación de plantas. Principios y prácticas. (Trad.) Marino, A. A. Compañía Editorial Continental. México. Tercera Impresión. pp 136 – 150.
- Hatch,S.L. y M.A. Hussey. (1991). Origen, taxonomía y oportunidades de mejora genética de zacate buffel y especies afines. En: Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Séptimo Congreso Nacional. SOMMAP. 20-23 Agosto. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. pp. 3-13.
- Herrera,C.F. (1995). Efecto de diferentes métodos para romper latencia de semillas en cuatro especies de gramíneas forrajera. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 112 p.

- Hignight, K.W., E.C. Bashaw, and M.A. Hussey. (1991). Cytological and morphological diversity in apomictic buffelgrass (*Pennisetum ciliare* L). *Botanical Gazette* 152: 214-218.
- Holt, E.C. (1985). Buffel grass-a brief history. In: E.C. A. Runge and J.L. Schuster (eds.) *Buffel grass: Adaptation, Management and Forage Quality Symposium*. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U.S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas MP-1575. pp. 1-5.
- Hussey, M.A. y E.C. Bashaw. (1990). Avances en el mejoramiento genético del zacate Buffel. *Memorias de la IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, México. pp: 12-15.
- Ibarra-F.F.A. (1994). A comparison of climatic and edaphic conditions at Buffelgrass seeding sites in North American and at seed collection sites in Africa. Ph D. Dissertation. Utah State University, Logan, Utah. 109 p.
- Ibarra, F.F. y M. Martín R. (1994). Establecimiento del zacate Buffel. En: PATROCIPES (ed.), *Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel*. Hermosillo, Sonora, México. pp.15-30.
- Ibarra, F.F.A., O. Cazares de H. y M. Martín R. (1988). Utilización y conservación de praderas de zacate buffel. *Fomento Ganadero*. Secretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora 14: 9-36.
- Ibarra, F.F., M.H. Martín R. y L. Carrillo M. (1989). ¿Por qué es importante la semilla? *Fomento Ganadero*. Secretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora 24: 4-7.
- Ibarra, F.F., J.R. Cox y M. Martín R. (1991). Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y sur de Texas. *Simposium Internacional: Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel*. Séptimo Congreso Nacional. SOMMAP. 20 – 23 agosto. Cd. Victoria, Tamps, México. pp. 14-28.
- Ibarra, F.F., J.R. Cox, M. Martín-R., T.A. Crowl and C.A. Call. (1995). Predicting buffelgrass survival across a geographical and environmental gradient. *Journal of Range Management* 48:53-59.
- Ibarra, F.F., M. Martín R., J.R. y O.M.F Silva. (1987). Uso del fuego para control de arbustos en praderas de zacate buffel. *Reunion de investigación pecuaria en México*. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A.C.
- Ibarra, F.F., J.R. Cox, M. Martín R., T.A. Crowl, C.A. Call, D.F. Pos, R.W. Miller y G.A. Rosmussen. (1998). Modelos predictivos para seleccionar sitios en el establecimiento de praderas de zacate buffel. *Memorias. Primer Simposium Internacional de Semillas Forrajeras*. 23-25 de septiembre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- International Seed Testing Association (ISTA) (1985). *International Rules for Seed Testing*. *Seed Sci. and Tech.* 4:1-177.

- International Seed Testing Association (ISTA) (2012). International Rules for Seed Testing. Seed science and Tech. 31. Supplement. Zürich
- Jiménez,G.C., L.H., Maciel, P.A. de Alba, A. y F. González C. (2005). Siembra de Zacate Buffel. Campo Experimental Pabellón. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folletos para productores. Núm. 37. 3 p.
- Jiménez,M.A. (1990). Semillas forrajeras para siembra. UACH. Editorial Celsa Colosio Ruiz. México, 84 p.
- Jorge,M.A.B.,M. Van de Wouw, J. Hanson and J. Mohammed. (2008). Characterization of a collection of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). Tropical Grasslands 42 (1):27-39.
- Jupe,L. (1991). Control de calidad en la producción de semilla de zacate buffel. Simposium Internacional Aprovechamiento Integral de Zacate Buffel. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP 20-23 de agosto. Cd. Victoria, Tamps. México. 20:52-53.
- Kelk,D.M. and C.H. Donaldson (1983). Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) Roodeplaat Agricultural Research Station, Pretoria. Republic of South Africa. Leaflet 114 p.
- Koltunow,A.M. and U. Grossniklaus. (2003). Apomixis: a developmental perspective. Annual Review of Plant Biology 54 (1): 547-574.
- Koltunow,A.M., R.A. Bicknell and A.M. Chaudhury. (1995). Apomixis: molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. Plant Physiology 108 (4):1345–1352.
- Koorneef,M., Benttsink, L. and H. Hilhorst (2002). Seed dormancy and germination. . Plant Biol. 5:33-36
- Loch,D.S. (1993). Improved handling of chaffy grass seeds; option, opportunities and value. Tropical Grasslands. 27: 314-326.
- Maguire,J.D. (1962). Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science. 2 (2):176-177.
- Marshall,V.M.,M.M. Lewis and B. Ostendorf. (2012). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A Review. Journal of Arid Environments 78: 1-12.
- Martínez,L.R. (2016). Factores ambientales que afectan el valor nutritivo del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Unión Ganadera Regional de Nuevo León Revista Comunicación Ganadera. <http://www.unionganaderanl.com.mx>. Consultado: abril 2018.
- Martínez,S.J.Y. Villegas A.,J.R. Enríquez V.,J.C. Carrillo R. y M.A. Vásquez D. (2013). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6:1263-1272.



- Mérola, R. y S. Díaz. (2012). Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Facultad de Ciencias Agrarias. Trabajo Postgrado. Montevideo, Uruguay.
- Molina, S.I. y T.R. Torres. (1976). Producción de carne en guinea y buffel con dos dosis de fertilización durante un año en Tizimi, Yucatán. *Técnica Pecuaria en México* 31:17-21.
- Moreno, M.E. (1986). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 3<sup>o</sup> edición. Ed. Limusa. México, D.F. 383p.
- Moreno, P. (2003). Vida y obra de granos y semillas. La Ciencia para todos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. D.F. 208 p.
- Murdoch, A.J. and Ellis, R.H. (2000). Dormancy, Viability and Longevity. In, Fenner, M. (ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration and Plant Communities*. 2nd edition, CAB International, Wallingford, Oxon UK, pp 183-214.
- Nogler, G.A. (1984). Gametophytic apomixis. In: BM Johri (ed.). *Embryology of angiosperms*. Springer Verlag, Berlin, Germany. pp. 475-518.
- Novel, P.S. (1999). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. 2<sup>nd</sup> . ed. Academic Press, San Diego.
- NSW Department of Primary Industries. (2004). Buffelgrass. En: <http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures/pastures-and-rangelands/species-varieties/a-z/buffel-grass>. Consultado 23 abril 2018.
- Parihar, S.S., Kanodia K.C. and Rai P. (1984). Effect of storage and removal of glumes on germination of *Cenchrus ciliaris*. *Indian Journal of Ecology*. 11: 313-316.
- Paull, C.J. and G.R. Lee. (1978). Buffelgrass in Queensland Advisory Leaflet No. 1447. División of Plant Industry. Dep. of Primary Industries. Queensland Australia. 20 p.
- Pérez, N.M. (1995). Efecto de la competencia sobre la producción de semilla de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 60 p.
- Quero, C.A.R., J.F. Enríquez Q., C.R. Morales N. y L. Miranda J. (2010). Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1 (1): 25-42.
- Ramírez, L., R.G., R. Foroughbackhch, H. González R., C.G. García C., J. Alba A. y L.A. Háuand. (2002). Valor estacional del contenido mineral en el zacate buffel Común (*Cenchrus ciliaris* L). *Rev. Investigación Ganadera para el Desarrollo Rural* 14 (2).
- Ramírez, L.R.G., A. Enríquez M. y F. Lozano G. (2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del Noreste de México. *Ciencia UANL* 4 (3): 314-321.

- Rethman, N.F.G. (1994). Manejo y utilización del zacate buffel. Experiencias con productores de África del Sur. Simposium Internacional sobre Zacate Buffel. Hermosillo, Sonora, México. 40-41 p.
- Reyes, H.I. (2004). Efecto del reposo prolongado y el desglumado en la germinación de dos nuevas variedades de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 81 p.
- Reynolds, J.F., P.R. Kemp, K. Ogle y R.J. Fernández. (2004). La modificación de la “pulso-reserva” paradigma de los desiertos de América del Norte: pulsos de precipitación, humedad del suelo, y las respuestas de las plantas a la ecología. *Oecologia* 141: 194-210.
- Robles, S.R., O. Eichelmaan B. y O. Alvarado A. (1990). Cultivo del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Robles S. R. (Ed.). En: Producción de granos y forrajes. Quinta edición. Ed. Limusa. México. pp. 442-455.
- Rodriguez, O., J. Gonzalez-Dominguez J., P. Krauz, G.N. Odvody, J.P. Wilson, and W.W. Hanna. (2000). First report and epidemic of buffelgrass blight caused by *Pyricularia grisea* in South Texas. *Plant Disease* 83 (4): 398.
- Romero, F.J. (1981). Zacate buffel para producción de carne bajo temporal. SARH – INIA – CIAPAN. Culiacán, Sinaloa, México. 28 p.
- Rossi, C.A. (2005). Utilización Del "Buffel Grass" (*Cenchrus ciliaris*) Para la recuperación de pastizales degradados en la Región Árida Subtropical. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/34-buffel\\_grass\\_en\\_chaco\\_arido\\_argentino.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/34-buffel_grass_en_chaco_arido_argentino.pdf). 5 p. Consultado: 27/11/2019.
- SAGARPA. (2012). Estadísticas de praderas de buffel y otros pastos. Informe Interno. Secretaría de Agricultura, Ganadería Recursos Hidráulicos Pesca y Alimentación. Hermosillo, Sonora, México.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. (1994). Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V., México. D.F.
- Steel, R.G.D y Torrie, J.H. (1980). Bioestadística: Principios y procedimientos. Un enfoque biométrico, 2ª edición, McGraw-Hill, Nueva York. 640 p.
- Taliaferro, C.M. and E.C. Bashaw. (1966) Inheritance and control of obligate apomixis in breeding buffelgrass, *Pennisetum ciliare* L. *Crop Sci.* 6 (1): 473-476.
- Torres, M.J.J. (2005). Segregación del modo de reproducción en cruces de zacate buffel tetraploide sexual por hexaploide apomíctico. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 89 p.
- USDA. (2012). Classification for kingdom plantae dow to species (*Pennisetum ciliare* L.). United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation. USA. <http://plants.usda.gov>. Consultado: 23/04/2018.

- USDA. (2018). Classification for kingdom plantae. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation. USA. <http://plants.usda.gov>. Consultado: 10/03/2018.
- Vázquez, Y.C., A. Orozco, M. Rojas., M.E., Sanchez. y V. Cervantes (1997). La reproducción de las plantas: Semillas y meristemos. La ciencia para todos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. D.F. 167. 170 p.
- Velázquez, L.M.A. (2016). Eliminación de la latencia en zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) utilizando promotores de germinación físicos y químicos. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 73 p.
- Vite, V.R. (1998). Descripción de uso de húngicos y fitoreguladores en la agricultura y semillas forrajeras. Memorias. Primer Simposium Internacional de Semillas Forrajeras. 23-25 de septiembre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México
- Ward, J.P., S.E. Smith y M.P. McClaran. (2006). Water requirements for emergence of buffel grass (*Pennisetum ciliare*). *Weed Science* 54 (4): 720-725.
- White, L.D. and D. Wolf. (1985). Nutritional value of common buffelgrass. In: E.C. A. Runge and J.L. Schuster (eds.) Buffel grass: Adaptation, Management and Forage Quality Symposium. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U.S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas MP-1575. pp. 13-24
- Wilson, R.G. (1961). Sowing pasture in southwest Queensland. *Qld. Agr. J.* 87 (1): 214-224.

# APÉNDICE

Cuadro A.1 Cuadro de doble entrada del porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos								
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	Común	Suma	$\bar{X}$
Involucros	16.23	11.68	9.79	6.66	4.24	7.12	5.38	61.08	<b>2.91</b>
Cariópsides	22.70	24.48	25.90	26.66	20.35	23.20	21.42	164.70	<b>7.84</b>
Suma	38.93	36.15	35.69	33.32	24.58	30.32	26.80	225.79	
$\bar{X}$	<b>6.49</b>	<b>6.03</b>	<b>5.95</b>	<b>5.55</b>	<b>4.10</b>	<b>5.05</b>	<b>4.47</b>		<b>5.37</b>

Cuadro A.2 Cuadro de doble entrada del índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos								
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	Común	Suma	$\bar{X}$
Involucros	4.90	4.15	3.85	3.28	3.09	3.43	3.14	25.84	<b>1.23</b>
Cariópsides	7.62	8.20	9.18	8.39	6.43	7.36	6.49	53.66	<b>2.56</b>
Suma	12.52	12.35	13.03	11.67	9.52	10.79	9.63	79.50	
$\bar{X}$	<b>2.09</b>	<b>2.06</b>	<b>2.17</b>	<b>1.94</b>	<b>1.59</b>	<b>1.80</b>	<b>1.61</b>		<b>1.89</b>

Cuadro A.3 Cuadro de doble entrada de semilla sin germinar de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos								Suma	$\bar{X}$
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	Común			
Involucros	183.85	174.04	101.10	102.37	126.00	205.70	161.59	1054.65	<b>50.22</b>	
Cariópsides	128.69	91.33	58.92	54.22	111.77	88.16	122.00	655.09	<b>31.19</b>	
Suma	312.54	265.37	160.02	156.59	237.77	293.86	283.59	1709.74		
$\bar{X}$	<b>52.09</b>	<b>44.23</b>	<b>26.67</b>	<b>26.10</b>	<b>39.63</b>	<b>48.98</b>	<b>47.27</b>		<b>40.70</b>	

Cuadro A.4 Cuadro de doble entrada de semilla muerta de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos							Suma	$\bar{X}$
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	C		
Involucros	31.31	83.34	169.38	185.78	170.00	80.30	130.41	850.52	<b>40.50</b>
Cariópsides	3.34	11.96	27.11	11.41	52.94	34.49	34.57	175.82	<b>8.37</b>
Suma	34.65	95.30	196.49	197.19	222.94	114.79	164.98	1026.34	
$\bar{X}$	<b>5.78</b>	<b>15.88</b>	<b>32.75</b>	<b>32.87</b>	<b>37.16</b>	<b>19.13</b>	<b>27.50</b>		<b>24.43</b>

Cuadro A.5 Cuadro de doble entrada del porcentaje de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah.2018.

Condición de la semilla	Genotipos								Suma	$\bar{X}$
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	Común			
Involucros	12.68	8.34	11.43	6.96	3.00	9.16	24.25	75.81	<b>3.61</b>	
Cariópsides	17.01	22.48	26.31	26.66	17.79	24.41	20.17	154.83	<b>7.37</b>	
Suma	29.69	30.82	37.74	33.62	20.79	33.57	44.42	230.64		
$\bar{X}$	<b>4.95</b>	<b>5.14</b>	<b>6.29</b>	<b>5.60</b>	<b>3.47</b>	<b>5.59</b>	<b>7.40</b>		<b>5.49</b>	

Cuadro A.6 Cuadro de doble entrada del índice de velocidad de emergencia de siete genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos								Suma	$\bar{X}$
	G11	G2	G12	G6	G17	G20	Común			
Involucros	4.97	3.78	4.49	3.85	3.00	3.92	7.81	31.83	<b>1.52</b>	
Cariópsides	6.06	7.37	8.70	8.35	5.07	8.53	6.76	50.83	<b>2.42</b>	
Suma	11.03	11.15	13.19	12.20	8.07	12.45	14.57	82.66		
$\bar{X}$	<b>1.84</b>	<b>1.86</b>	<b>2.20</b>	<b>2.03</b>	<b>1.34</b>	<b>2.07</b>	<b>2.43</b>		<b>2.88</b>	

Cuadro A.7 Cuadro de doble entrada de altura de planta (cm) de seis genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos							
	G11	G2	G12	G6	G20	Común	Suma	$\bar{X}$
Involucros	13.02	11.67	12.36	9.41	12.93	12.76	72.14	<b>3.44</b>
Cariópsides	12.97	12.84	12.90	12.60	12.27	12.84	76.41	<b>3.64</b>
Suma	25.98	24.51	25.26	22.01	25.20	25.60	148.55	
$\bar{X}$	<b>4.33</b>	<b>4.08</b>	<b>4.21</b>	<b>3.67</b>	<b>4.20</b>	<b>4.27</b>		<b>3.54</b>

Cuadro A.8 Cuadro de doble entrada de peso seco (mg) de seis genotipos de zacate buffel con dos niveles de la condición de la semilla. Saltillo, Coah. 2018.

Condición de la semilla	Genotipos							
	G11	G2	G12	G6	G20	Común	Suma	$\bar{X}$
Involucros	17.92	13.46	15.12	12.02	17.00	16.19	91.72	<b>4.37</b>
Cariópsides	16.11	15.51	15.77	14.62	16.05	16.56	94.62	<b>4.51</b>
Suma	34.03	28.97	30.89	26.65	33.05	32.75	186.33	
$\bar{X}$	<b>5.67</b>	<b>4.83</b>	<b>5.15</b>	<b>4.44</b>	<b>5.51</b>	<b>5.46</b>		<b>4.44</b>



Cuadro A.9 Comportamiento del porcentaje de germinación de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Involucros	6	34.8949	5.8158	25.0681 **	2.47	3.59
Cariópsides	6	10.7164	1.7860	7.6982 **	2.47	3.59
E. Exp.	26	6.0334	0.2320			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.10 Comportamiento del porcentaje de germinación de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
G11	1	6.9768	6.9768	30.0724 **	4.22	7.74
G2	1	27.4272	27.4272	118.2206 **	4.22	7.74
G12	1	43.2553	43.2553	186.4452 **	4.22	7.74
G6	1	66.6667	66.6667	287.3564 **	4.22	7.74
G17	1	43.3773	43.3373	186.7987 **	4.22	7.74
G20	1	43.0944	43.0944	185.7517 **	4.22	7.74
Común	1	42.8803	42.8803	184.8288 **	4.22	7.74
E. Exp.	26	6.0334	0.2320			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.11 Comportamiento del índice de velocidad de germinación de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Involucros	6	0.8665	0.1444	19.2533 **	2.47	3.59
Cariópsides	6	2.0871	0.3478	46.3733 **	2.47	3.59
E. Exp.	26	0.1974	0.0075			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.12 Comportamiento del índice de velocidad de germinación de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
G11	1	1.2331	1.2331	164.4133 **	4.22	7.74
G2	1	2.7337	2.7337	364.4933 **	4.22	7.74
G12	1	4.7348	4.7348	631.3066 **	4.22	7.74
G6	1	4.3520	4.3520	580.2666 **	4.22	7.74
G17	1	8.2247	8.2247	1,096.6266 **	4.22	7.74
G20	1	2.5741	2.5741	343.2133 **	4.22	7.74
Común	1	1.8704	1.8704	249.3866 **		
E. Exp.	26	0.1974	0.0075			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.13 Comportamiento de semillas muertas de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Involucros	6	6,714.6375	1,119.1062	10.6970 **	2.47	3.59
Cariópsides	6	596.8433	99.4738	0.9508 NS	2.47	3.59
E. Exp.	26	2,720.0704	104.6180			

NS Diferencias no significativas

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.14 Comportamiento de semillas muertas de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
G11	1	130.3868	130.3868	1.2463 NS	4.22	7.74
G2	1	849.1841	849.1841	8.1169 **	4.22	7.74
G12	1	3,373.4588	3,373.4588	32.2454 **	4.22	7.74
G6	1	5,067.4828	5,067.4828	48.4379 **	4.22	7.74
G17	1	2,283.8406	2,283.8406	21.8302 **	4.22	7.74
G20	1	349.7593	349.7593	3.3432 NS	4.22	7.74
Común	1	1,530.8843	1,530.8843	14.6330 **	4.22	7.74
E. Exp.	26	2,720.0704	104.6180			

NS Diferencias no significativas

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.15 Comportamiento del porcentaje de emergencia de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Involucros	6	89.7901	14.9650	31.3271 **	2.47	3.59
Cariópsides	6	30.7350	5.1225	10.7232 **	2.47	3.59
E. Exp.	26	12.4210	0.4777			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.16 Comportamiento del porcentaje de emergencia de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
G11	1	3.2382	3.2382	6.7787 *	4.22	7.74
G2	1	33.3233	33.3233	69.7577 **	4.22	7.74
G12	1	36.9028	36.9028	77.2509 **	4.22	7.74
G6	1	64.6814	64.6814	135.4023 **	4.22	7.74
G17	1	36.4574	36.4574	76.3186 **	4.22	7.74
G20	1	38.7604	38.7604	81.1396 **	4.22	7.74
Común	1	2.7744	2.7744	5.8078 *	4.22	7.74
E. Exp.	26	12.4210	0.4777			

\* Diferencia significativa

\*\* Diferencia altamente significativas

Cuadro A.17 Comportamiento del índice de velocidad de emergencia de los genotipos de zacate buffel dentro de dos niveles de la condición de la semilla.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
Involucros	6	4.8663	0.8110	21.5691 **	2.47	3.59
Cariópsides	6	3.8393	0.6398	17.0159 **	2.47	3.59
E. Exp.	26	0.9796	0.0376			

\*\* Diferencias altamente significativas

Cuadro A.18 Comportamiento del índice de velocidad de emergencia de dos niveles de la condición de la semilla dentro de cada uno de los genotipos de zacate buffel.

FV	GI	SC	CM	FC	F $\alpha$	
					0.05	0.01
G11	1	0.1977	0.1977	5.2579 *	4.22	7.74
G2	1	2.1480	2.1480	57.1276 **	4.22	7.74
G12	1	2.9540	2.9540	78.5638 **	4.22	7.74
G6	1	3.3750	3.3750	89.7606 **	4.22	7.74
G17	1	0.7142	0.7142	18.9946 **	4.22	7.74
G20	1	3.5420	3.5420	94.2021 **	4.22	7.74
Común	1	0.1837	0.1837	4.8856 *	4.22	7.74
E. Exp.	26	0.9796	0.0376			

\* Diferencias significativas

\*\* Diferencias altamente significativas